В. И. Василевский, Ю. А. Купеев

Автомобильные генераторы

В. И. ВАСИЛЕВСКИЙ, Ю. А. КУПЕЕВ

Автомобильные генераторы

Издание второе, переработанное и дополненное



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1978

В19
39.33—04
УДК 621.43.044.6:629.13

Василевский В. И., Купеев Ю. А.

В19 Автомобильные генераторы. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.; Транспорт, 1978. — 159 с., ил., табл.
60 коп.

В книге приведены краткие теоретические основы рабочего процесса в генераторах переменного тока и регуляторах напряжения, описаны конструкции и схемы их включения в системы электрооборудования автомобилей и автобусов, техническое обслуживание генераторных установок, методы обнаружения неисправностей и их устранение.

В настоящем, втором, издании книги впервые приведены материалы по новым конструкциям генераторов переменного тока со встроенными блоками кремниевых выпрямителей и бесконтактными транзисторными регуляторами напряжения на гибридных интегральных микросхемах, предназначенных для массовых легковых и грузовых автомобилей.

Исключены материалы по устаревшим конструкциям генераторов и селеновых выпрямителей.

Предназначена для инженерно-технических работников автомобильного транспорта.

Первое издание вышло в 1971 г.

$В\frac{31803\text{-}016}{049(01)\text{-}78}$ 16-78

ББК39.33-04
6Т2.1

ВВЕДЕНИЕ

Генераторы постоянного тока долгое время были единственным типом источников электрической энергии, применявшихся для питания потребителей и заряда аккумуляторной батареи на автомобилях.

В обмотке якоря генератора постоянного тока индуктируется ток переменного направления (переменный ток), который затем преобразуется в ток постоянного направления (постоянный ток) коллектором. Коллектор, таким образом, играет роль выпрямителя. Однако процесс выпрямления тока коллектором связан с искрением под щетками, которое вызывает повышенный износ коллектора и щеток, особенно при большой частоте вращения якоря.

С увеличением мощности и количества потребителей электрической энергии на автомобиле размеры и масса генераторов постоянного тока настолько возросли, что размещать их на двигателях стало трудно, а повышение частоты вращения коленчатого вала двигателя и передаточного числа привода генератора увеличило износ коллектора и щеток. В связи с этим вместо генераторов постоянного тока стали применять автомобильные генераторы переменного тока, в которых преобразование переменного тока в постоянный осуществляется полупроводниковыми выпрямителями. Комплектно с генераторами переменного тока спроектированы и внедрены в производство новые системы регулирования напряжения вместо прежних вибрационных электромагнитных регуляторов напряжения. К ним относятся контактно-транзисторные и бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения.

В последние годы разработаны и освоены в производстве бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения на интегральных схемах, очень малые габариты которых позволяют встроить их в генератор.

Комплект генератора постоянного тока с реле-регулятором или регулятором напряжения, а также комплект генератора переменного тока с выпрямителем и регулятором напряжения будем называть генераторной установкой.

Генераторные установки переменного тока обладают рядом преимуществ по сравнению с генераторными установками постоянного тока.

В генераторе переменного тока отсутствуют коллектор и щетки, снимающие с коллекторных пластин весь ток нагрузки. Вместо них имеются контактные кольца и щетки, служащие для под-

вода во вращающуюся обмотку лишь небольшого по величине тока возбуждения генератора. Поэтому износ контактных колец и щеток невелик. В транзисторных регуляторах напряжения вообще нет вибрационных контактов, а в контактно-транзисторных регуляторах напряжения вибрационные контакты значительно разгружены и разрывают лишь небольшой ток.

Все это увеличивает срок службы генераторной установки переменного тока почти вдвое по сравнению с генераторной установкой постоянного тока, а повышение срока службы генераторной установки снижает стоимость эксплуатационных затрат.

Сосредоточенная цилиндрическая обмотка возбуждения и клювообразные полюса ротора автомобильного генератора переменного тока, а также отсутствие коллектора дают возможность при равных габаритных размерах получить бо́льшую мощность и сократить расход меди в 3 раза по сравнению с генераторами постоянного тока. Более низкая частота вращения начала отдачи генератора переменного тока обеспечивает лучший заряд аккумуляторной батареи в условиях эксплуатации автомобиля в городских условиях.

Первые автомобильные генераторы переменного тока были спроектированы для работы с отдельными селеновыми выпрямителями и вибрационными регуляторами напряжения. Селеновые выпрямители громоздки и их приходилось размещать отдельно от генератора в местах, обеспечивающих их хорошее охлаждение, из-за чего требовалась дополнительная проводка от генератора к выпрямителю. Кроме того, они недостаточно теплостойки и допускают максимальную рабочую температуру не выше +80°С. Поэтому селеновые выпрямители в дальнейшем были заменены кремниевыми выпрямителями, более теплостойкими и малогабаритными, допускающими их размещение внутри генератора. Вибрационные регуляторы напряжения также заменяются контактно-транзисторными и бесконтактными регуляторами напряжения.

В настоящее время закончен перевод всех типов отечественных автомобилей на комплектацию генераторными установками переменного тока. Мощность генераторных установок для массовых автомобилей увеличилась более чем в 2 раза — с 250 Вт до 500÷1000 Вт; ресурс увеличен с 100÷150 до 150÷300 тыс. км. Начат выпуск генераторов для автобусов ПАЗ и КАвЗ с встроенным выпрямительным блоком и встроенным интегральным регулятором напряжения. В дальнейшем все типы автомобильных генераторов будут иметь встроенные выпрямители и регуляторы напряжения. Развитие применения этих новых конструкций требует изучения принципов работы, характеристик, правил эксплуатации и ремонта автомобильных генераторов переменного тока.

Авторы выражают глубокую признательность д-ру техн. наук Ю. М. Галкину за научную и техническую помощь при подготовке рукописи книги.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Устройство генераторной установки

Генераторная установка переменного тока состоит из трехфазного синхронного генератора с электромагнитным возбуждением, выпрямителя и регулятора напряжения вибрационного, контактно-транзисторного или бесконтактного типа.

В зависимости от способа контроля заряда аккумуляторной батареи существуют две схемы соединения генераторной установки: схема с амперметром (рис. 1) и схема с контрольной лампой (рис. 2). Во избежание разряда аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения генератора регулятор напряжения включают в общую цепь через выключатель зажигания.

Особенностью автомобильного трехфазного синхронного генератора (рис. 3) является применение клювообразных полюсов и обмотки возбуждения, состоящей из одной катушки.

В отличие от синхронных явнополюсных генераторов общепромышленного назначения в автомобильных генераторах с клювообразными полюсами магнитные потоки отдельных полюсов (показаны на рис. 3 пунктиром) замыкаются через сердечник ротора и образуют полный магнитный поток генератора, равный сумме магнитных потоков всех полюсов одинаковой полярности. Это дает возможность применить одну сосредоточенную обмотку возбуждения простой формы и расходовать на ее изготовление минимальное количество проводникового материала — меди. Концы обмотки возбуждения выводят к контактным кольцам, расположенным на валу ротора.

В отечественных генераторах число полюсов ротора равно 12. Ротор генератора (рис. 3) состоит из вала с закрепленными на нем втулкой с катушкой возбуждения и полюсными наконечниками (клювами). Роторы всех генераторов проходят динамическую балансировку. Для балансировки в полюсах надсверливают на небольшую глубину отверстия диаметром 4—8 мм в зависимости от размеров генератора. У некоторых типов генераторов, например Г502, полюсные наконечники отжигают для улучшения их магнитных свойств.

Пакет статора набирают из листов электротехнической стали. В пазах статора размещают трехфазную обмотку. Число пазов может быть различным при одном и том же числе полюсов ротора и определяется типом трехфазной обмотки и электрическими характеристиками генератора.

При открытом пазе (рис. 4, *а*) витки обмотки удерживаются текстолитовым клином. При полузакрытом пазе (рис. 4, *б*) провода обмотки при многовитковых катушках закрепляют хлорви-

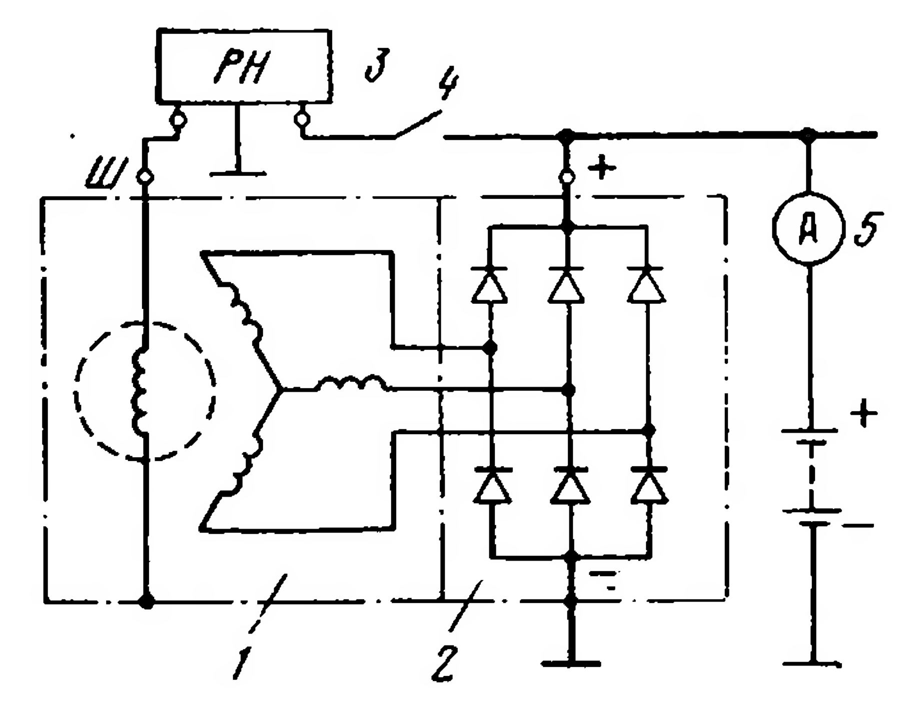


Рис. 1. Схема соединений генераторной установки переменного тока с амперметром для контроля заряда аккумуляторной батареи:

1 — генератор; *2* — выпрямительное устройство; *3* — регулирующее устройство; *4* — выключатель зажигания; *5* — амперметр;
Ш — вывод обмотки возбуждения; «+» — плюсовой вывод выпрямителя

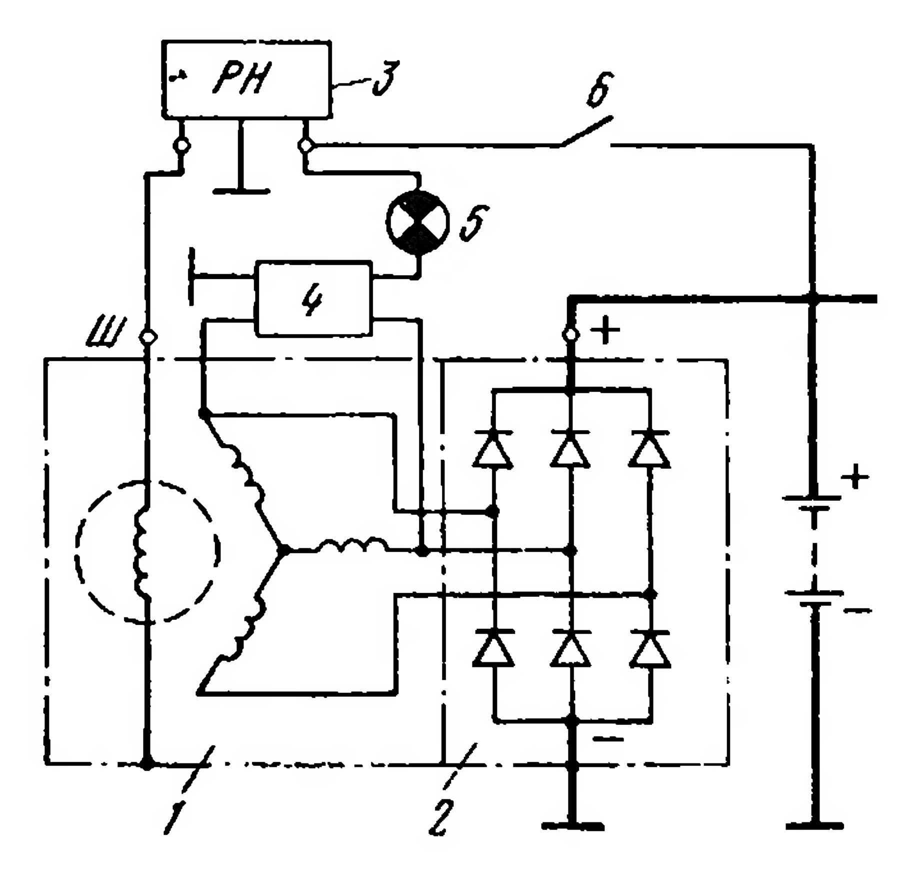


Рис. 2. Схема соединений генераторной установки переменного тока с контрольной лампой заряда аккумуляторной батареи:

1 — генератор; *2* — выпрямительное устройство; *3* — регулирующее устройство; *4* — реле контроля заряда; *5* — контрольная лампа; *6* — выключатель зажигания

ниловыми трубками, деревянными или бумажными клиньями. Если катушка обмотки статора имеет один виток, то размеры паза подбирают таким образом, что какого-либо закрепления проводов в пазу не требуется (рис. 4, *в*).

Пазы всех типов изолируются электрокартоном, пленкокартоном или специальным компаундом. Для обмоток статора и возбуждения используют провода с изоляцией различными лаками марок ПЭВ1, ПЭВ2, ПЭТВ, ПЭТВТ, ПЭС и др. Обмотки трех фаз статора при мощности генератора до 500—700 Вт соединяются в звезду, при большей мощности — в треугольник или в двойную звезду. Это вызвано тем, что при возрастании мощности генератора увеличивается диаметр провода обмотки статора и намотка становится затруднительной — толстый провод трудно гнется. Соединение в треугольник или в двойную звезду позволяет уменьшить силу тока в проводе обмотки и, следовательно, использовать более тонкий провод.

Схему обмотки статора по типу одинарной звезды можно использовать для генераторов с числом пазов на полюс и фазу 0,5; 1 и 2. Каждая фаза содержит шесть непрерывно намотанных катушек (рис. 5 и 6), содержащих, каждая несколько витков. Поскольку схема соединения катушек между собой не зависит от числа витков в катушке, то все катушки изображены одновитковыми. Начала и концы всех трех фаз обмотки статора обозначены соответственно буквами *Н* и *К*. Для соединения в звезду концы всех фаз $К_1$, $К_2$ и $К_3$ соединяются между собой и образуют нулевую точку обмотки. Начала трех фаз $Н_1$, $Н_2$ и $Н_3$ соединяются с выводами.

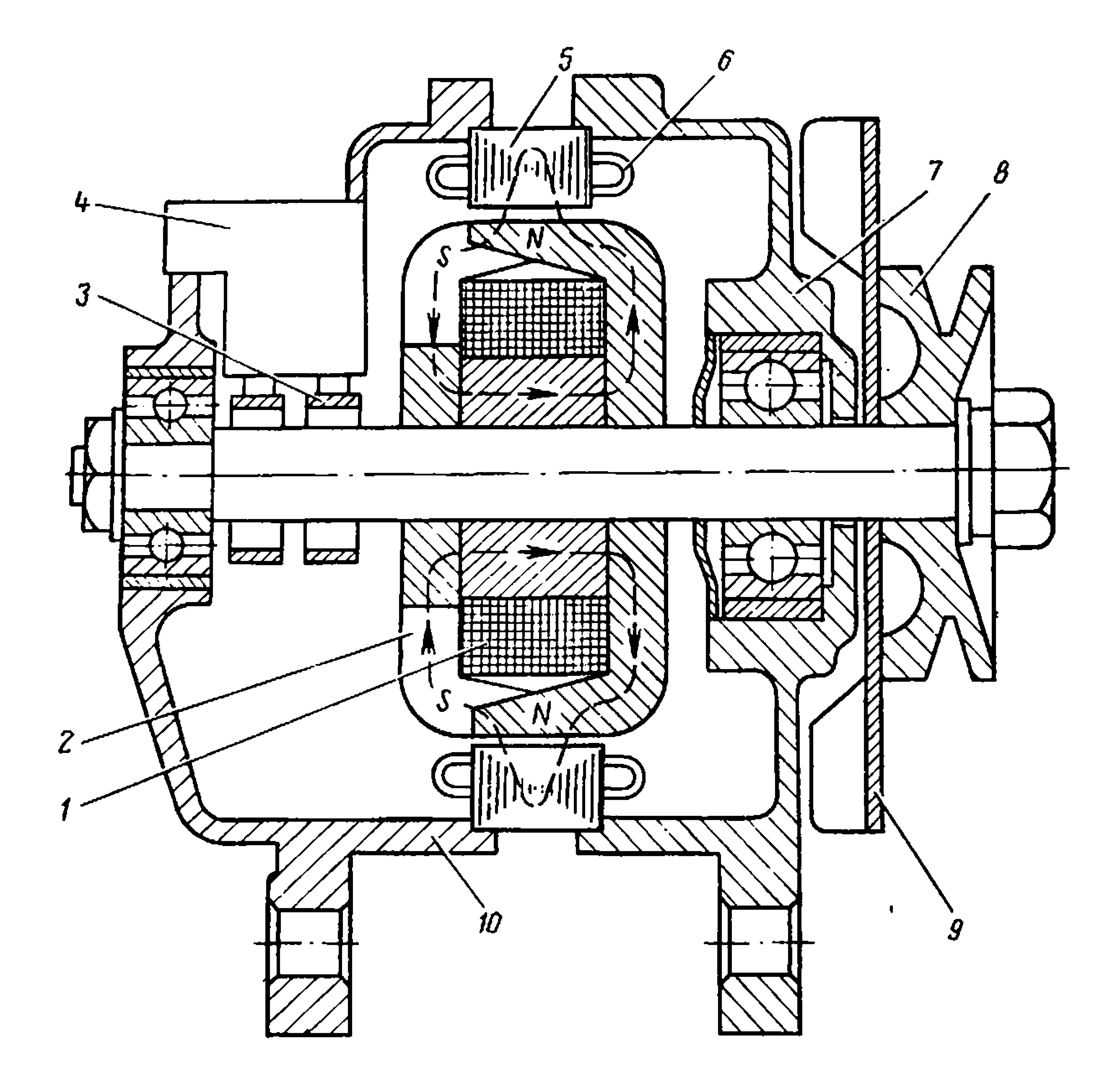


Рис. 3. Схема устройства автомобильного генератора переменного тока:

1 — обмотка возбуждения; *2* — клювообразные полюса; *3* — контактные кольца; *4* — щеткодержатель; *5* — статор; *6* — трехфазная обмотка статора; *7* — крышка со стороны привода; *8* — шкив; *9* — вентилятор; *10* — крышка со стороны контактных колец

Соединение треугольником применяется редко из-за сложности монтажа катушек: конец первой фазы K_1 соединяется с началом второй фазы H_2, конец второй K_2 — с началом третьей H_3; конец третьей K_3 с началом первой фазы K_1 и от всех этих точек соединения подводятся провода к выводным зажимам.

При соединении в двойную «звезду» каждая фаза состоит из двух параллельных ветвей, в каждой ветви по три непрерывно намотанных катушки (рис. 7).

С целью уменьшения размеров лобовых частей катушек и, следовательно, уменьшения габаритов генератора иногда используют обмотку, в которой каждую катушку делят на две части (намотка «в развал») и укладывают, как показано на рис. 8.

Вместо того чтобы, например, полное число витков первой катушки первой фазы наматывать в пазы *1—4*, а второй — в пазы *7—10*, наматывают в пазы *1—4* только половину витков первой

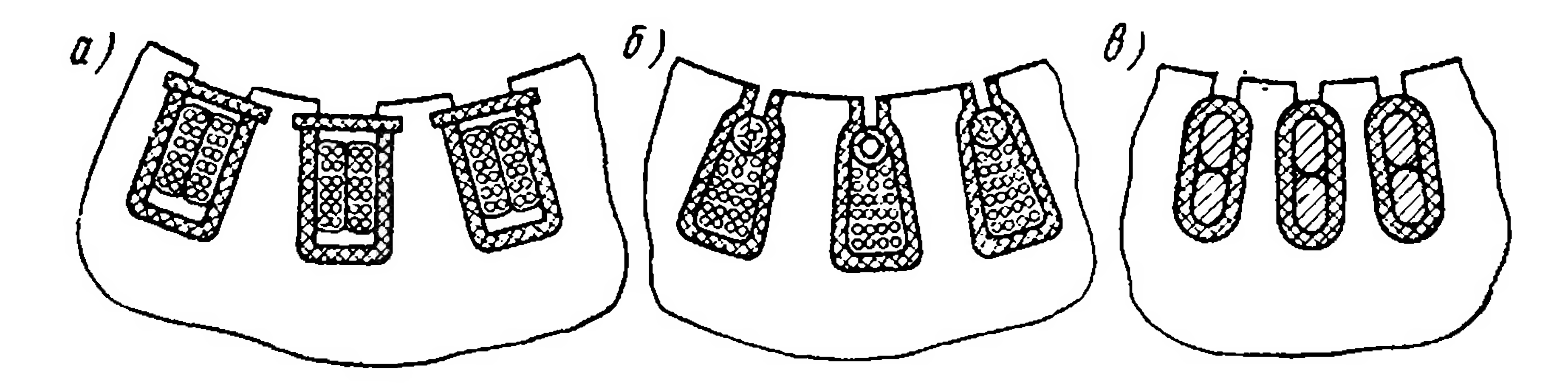


Рис. 4. Форма пазов статора:
а — открытая; *б* — полузакрытая; *в* — полузакрытая при одновитковых катушках

катушки. Затем в пазы *4—7* наматывают вторую половину витков первой катушки в обратном направлении и т. д. (рис. 8). При таком способе намотки торцевые части катушек *1—4* и *4—7* будут иметь только половинное число витков и будут, следовательно, иметь меньший размер («вылет») в осевом направлении. Таким же образом наматывают катушки остальных фаз.

На рис. 8 более детально показана намотка катушек только первой фазы.

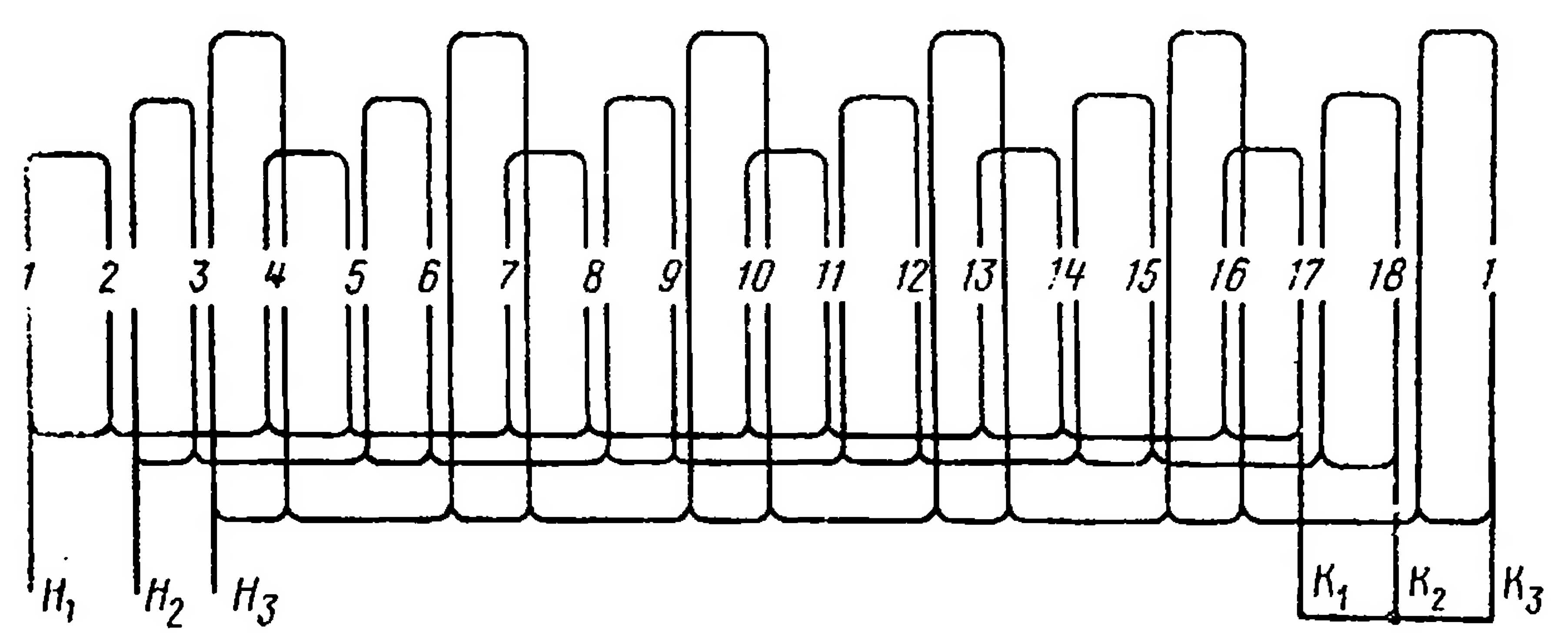


Рис. 5. Схема обмотки статора при соединении фаз в звезду и числе пазов 18:
H_1, H_2, H_3 — начала фаз;
K_1, K_2, K_3 — концы фаз

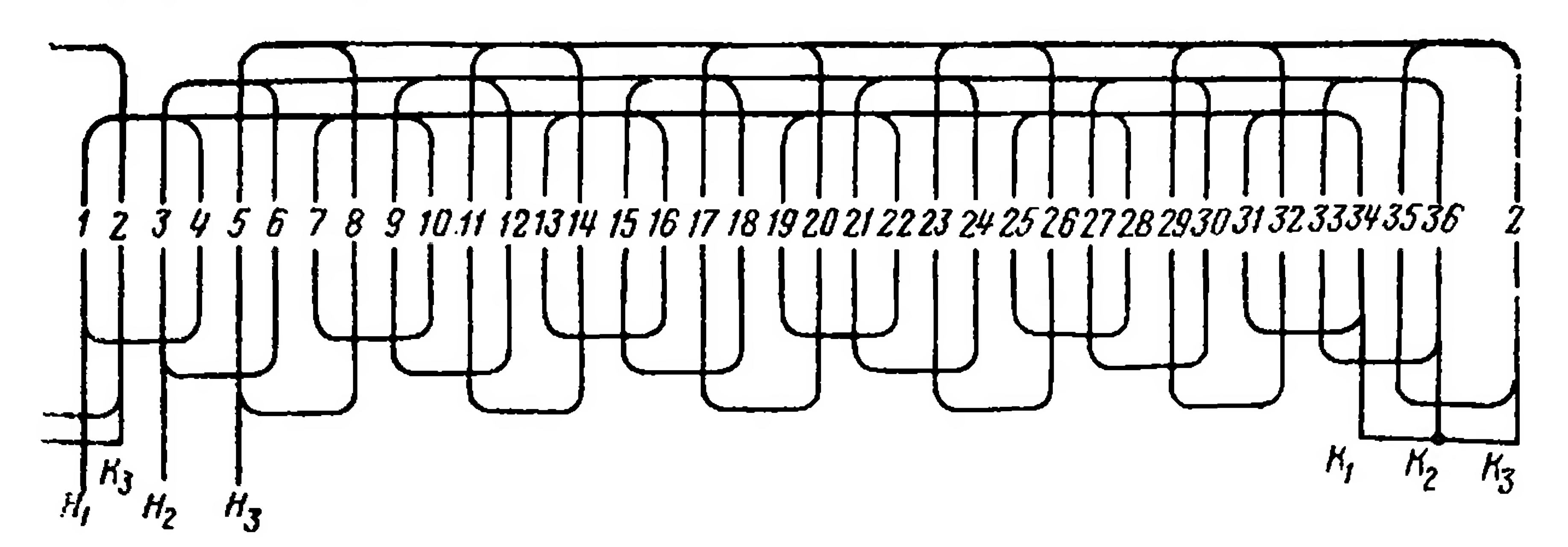


Рис. 6. Схема обмотки статора при соединении фаз в звезду и числе пазов 36:
H_1, H_2, H_3 — начала фаз;
K_1, K_2, K_3 — концы фаз

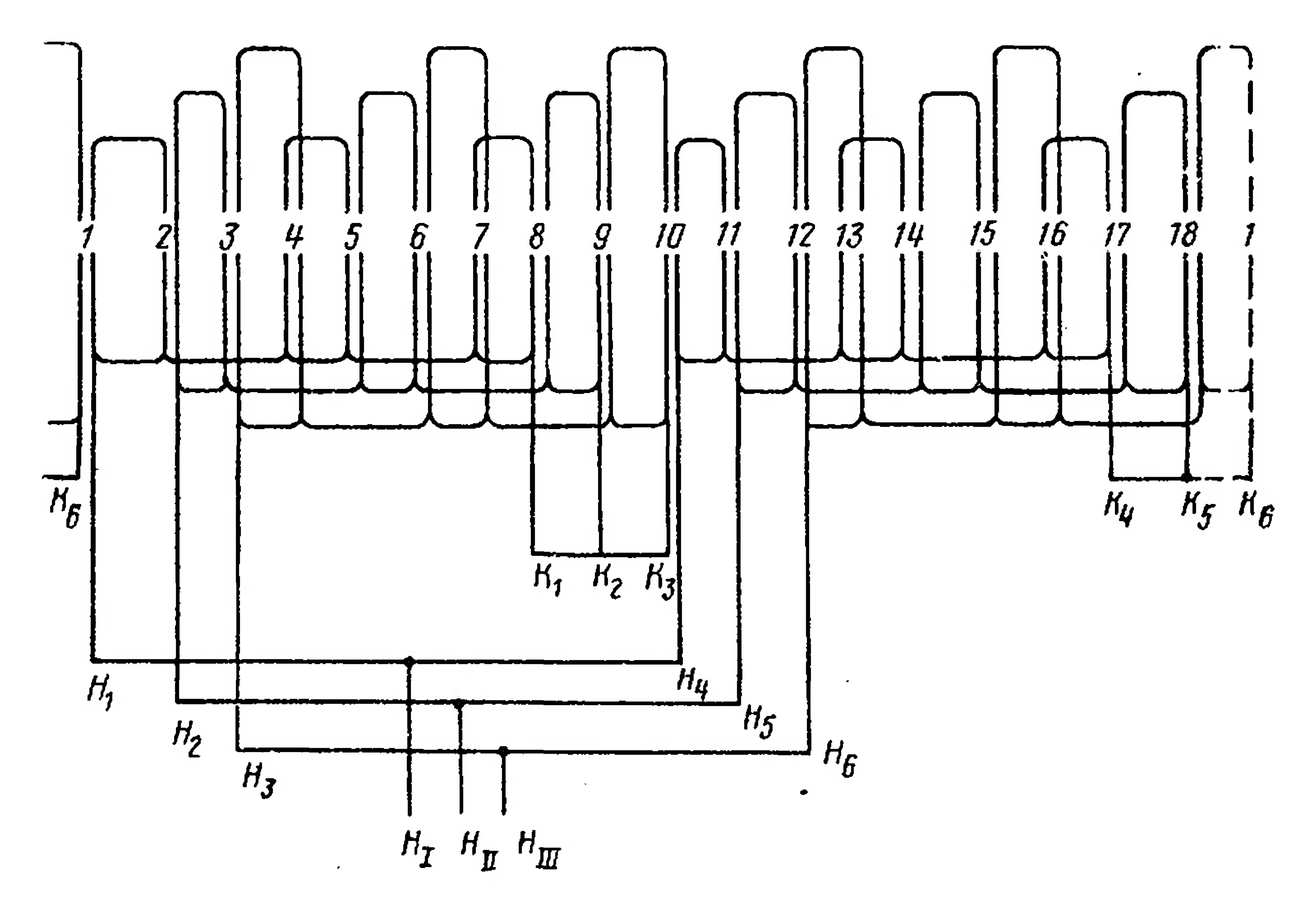


Рис. 7. Схема соединений обмоток фаз статора в двойную звезду (число пазов 18):
H_1, H_2, H_3; K_1, K_2, K_3 — начала и концы фаз первой звезды; H_4, H_5, H_6; K_4, K_5, K_6 — начала и концы фаз второй звезды;
H_I, H_{II}, H_{III} — выводы фаз обмоток статора

Чтобы не усложнять чертежа, половины катушек остальных двух фаз условно показаны слитными боковыми сторонами, хотя все они наматываются таким же образом, как описано выше для первой фазы. Фазы обмотки, изображенной на рис. 8, соединены в двойную звезду.

У некоторых генераторов размещают в статоре две самостоятельные трехфазные обмотки, соединенные в звезду и имеющие различное число витков или различное сечение провода. В качестве примера на рис. 9 показана схема соединений такого генератора. Обмотка статора *2* имеет бо̀льшее число витков провода меньшего сечения, чем обмотка *3*, которая, наоборот, имеет меньше витков более толстого провода. Обе обмотки присоединены каждая к своему комплекту вентилей выпрямительного устройства *4*, все вентили которого имеют общие выводы «+» и «—». В остальном схема соединения генератора с регулятором напряжения *РН* и батареей *5* — обычного типа.

Такая конструкция позволяет обеспечить достаточно большую мощность генератора на большой скорости движения автомобиля и в то же время сохранить малую частоту вращения начала отдачи, необходимую при городской езде.

При работе автомобиля в городе, при малой частоте вращения коленчатого вала двигателя в генераторе работает обмотка *2*

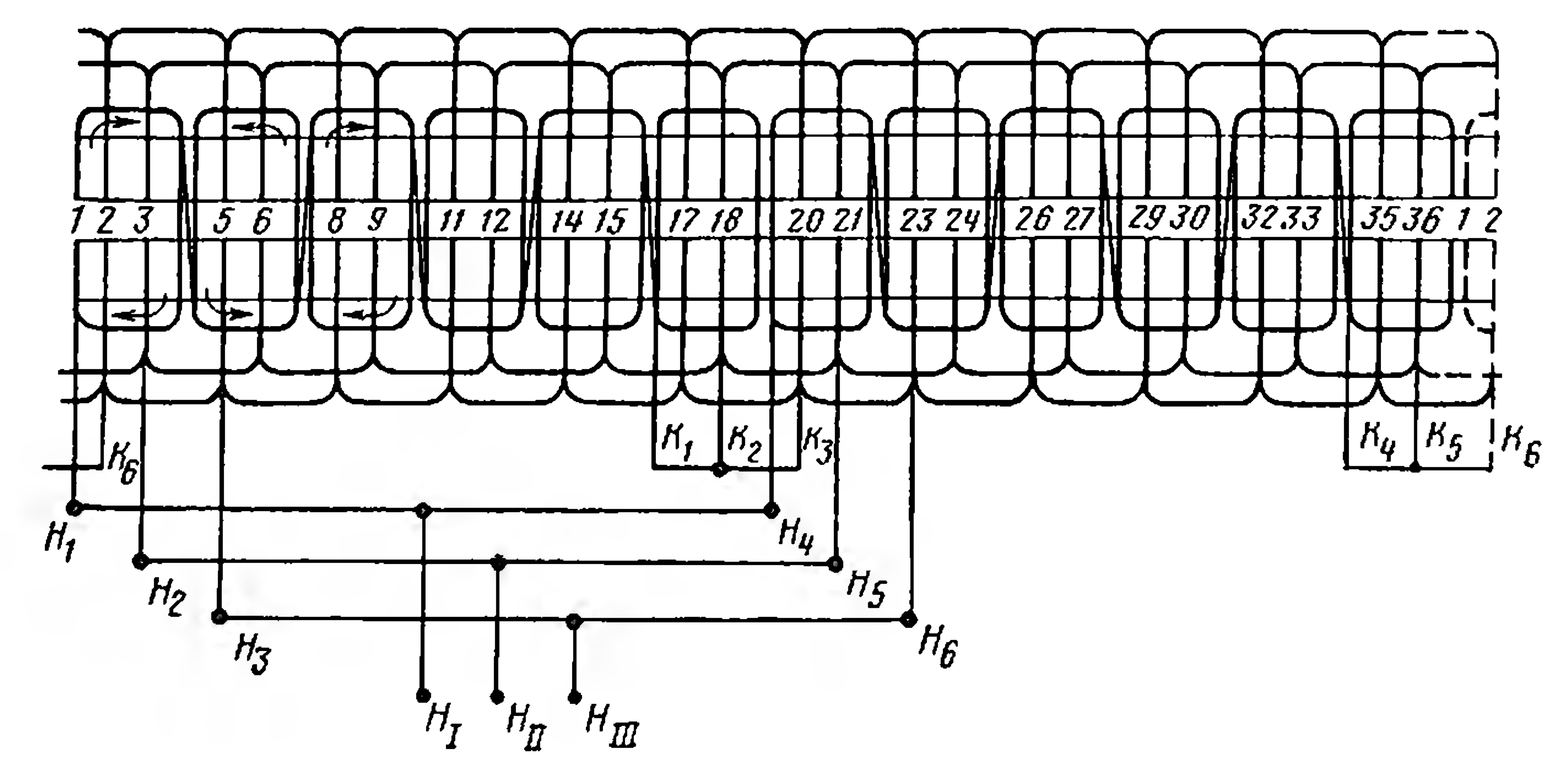


Рис. 8. Схема соединений обмоток статора в двойную звезду с намоткой «в развал» (число пазов 36):

H_1, H_2, H_3; K_1, K_2, K_3 — начало и концы фаз первой звезды;
H_4, H_5, H_6; K_4, K_5, K_6 — начало и концы фаз второй звезды;
H_I, H_{II}, H_{III} — выводы фаз обмоток статора

с бо̀льшим числом витков и питает через выпрямитель *4* аккумуляторную батарею *5*. При движении автомобиля с большой скоростью на загородных дорогах вступает в работу обмотка *3* и теперь к потребителям поступает ток от двух обмоток, различный по величине: от обмотки *2* (примерно $^1/_3$) и от обмотки *3* (примерно $^2/_3$ общей величины). На рис. 9 справа показаны характеристики тока, отдаваемого отдельно обмотками *2* и *3*, а также при совместном действии обеих обмоток в зависимости от частоты вращения генератора.

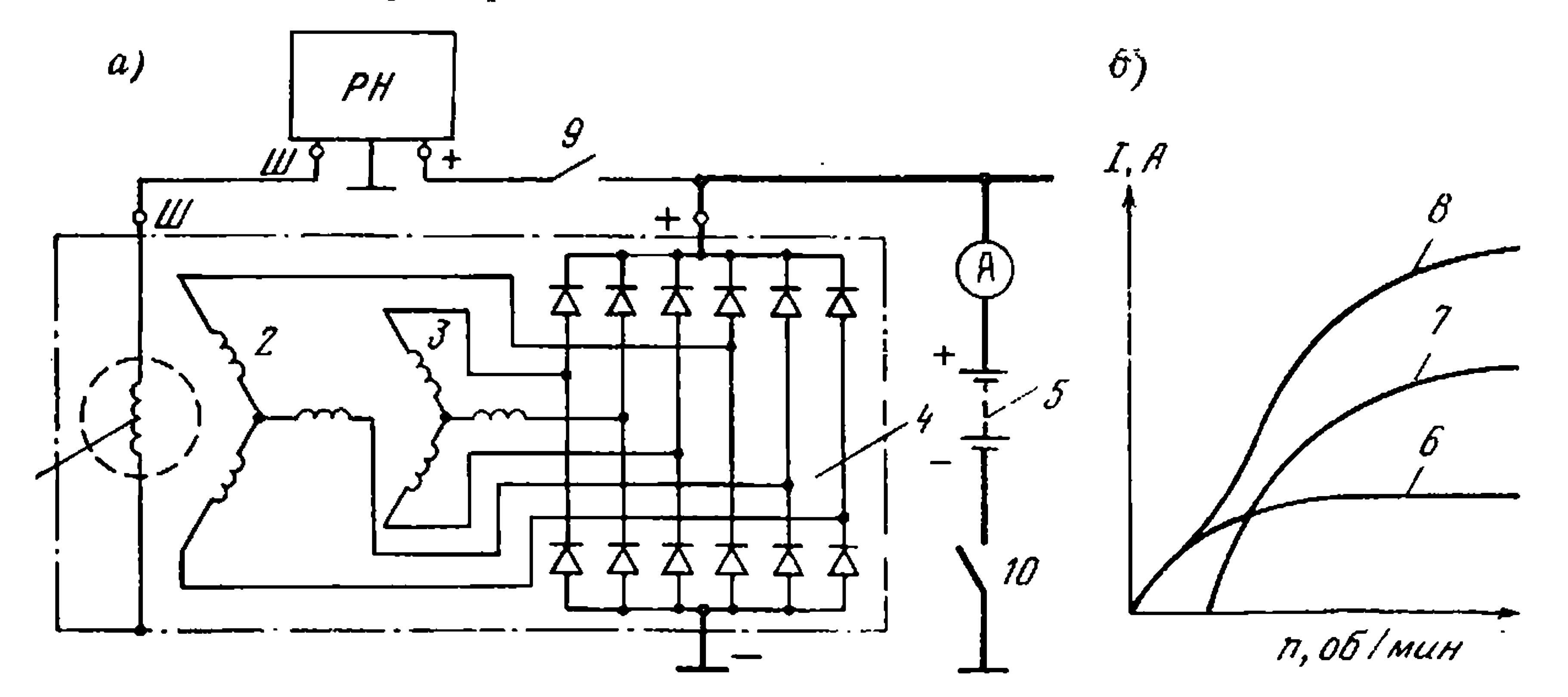


Рис. 9. Схема соединений генераторной установки с двумя автономными обмотками фаз статора (*а*) и характеристики генератора (*б*):

1 — обмотка возбуждения генератора; *2* — первая трехфазная обмотка статора; *3* — вторая трехфазная обмотка статора; *4* — выпрямительное устройство; *5* — аккумуляторная батарея; *6* — токоскоростная характеристика обмотки *2*; *7* — токоскоростная характеристика обмотки *3*; *8* — токоскоростная характеристика обеих обмоток генератора; *9* — выключатель зажигания; *10* — выключатель массы

Крышки *7* и *10* генератора (см. рис. 3) отливают из алюминиевого сплава методом литья в кокиль или под давлением. Посадочные места под шариковые подшипники и отверстия в кронштейнах крышек, как правило, армируют чугунными или стальными втулками. Некоторые типы генераторов этой армировки не имеют.

Пластмассовый щеткодержатель *4* (рис. 3) с щетками расположен на крышке со стороны контактных колец. В случае применения интегрального регулятора напряжения, встроенного в генератор, его располагают на щеткодержателе. Крышки имеют отверстия (не показанные на рис. 3) для проточной вентиляции в осевом направлении. Вентилятор *9* имеет два конструктивных исполнения. У некоторых типов генераторов вентилятор состоит из крыльчатки и поддона, соединенных между собой точечной сваркой, у некоторых из одной крыльчатки. Шкив *8* чугунный литой или стальной штампованный. Вентилятор и шкив соединяются с валом при помощи шпонки.

В большинстве типов автомобильных генераторов переменного тока, в том числе во всех отечественных конструкциях, выпрямительное устройство рассчитано на двухполупериодное выпрямление трехфазного тока, и имеет, следовательно, шесть вентилей.

Выпрямительные устройства имеют два исполнения: в виде единого конструктивного узла с вентилями, размещенными непосредственно в теплоотводящих элементах пластмассового основания, или в виде отдельных вентилей, запрессованных в теплоотводящие пластины. Для обеспечения интенсивного охлаждения выпрямительные устройства монтируют в крышке со стороны контактных колец.

Генератор с встроенным кремниевым выпрямителем имеет два изолированных от корпуса выводных зажима: зажим «+» для подключения генератора к аккумуляторной батарее и нагрузке и зажим *Ш* для соединения обмотки возбуждения генератора с регулирующим устройством. Третьим (минусовым) зажимом является винт *М* (масса), служащий для соединения корпуса генератора с шасси (массой) автомобиля.

2. Принцип работы генератора

Автомобильные генераторы переменного тока относятся к синхронным электрическим машинам, потому что частота вращения ротора и частота наводимой в обмотках статора э.д.с. жестко связаны между собой отношением:

$$f = \frac{pn}{60},$$

где f — частота переменного тока, Гц; p — число пар полюсов генератора; n — частота вращения ротора, об/мин.

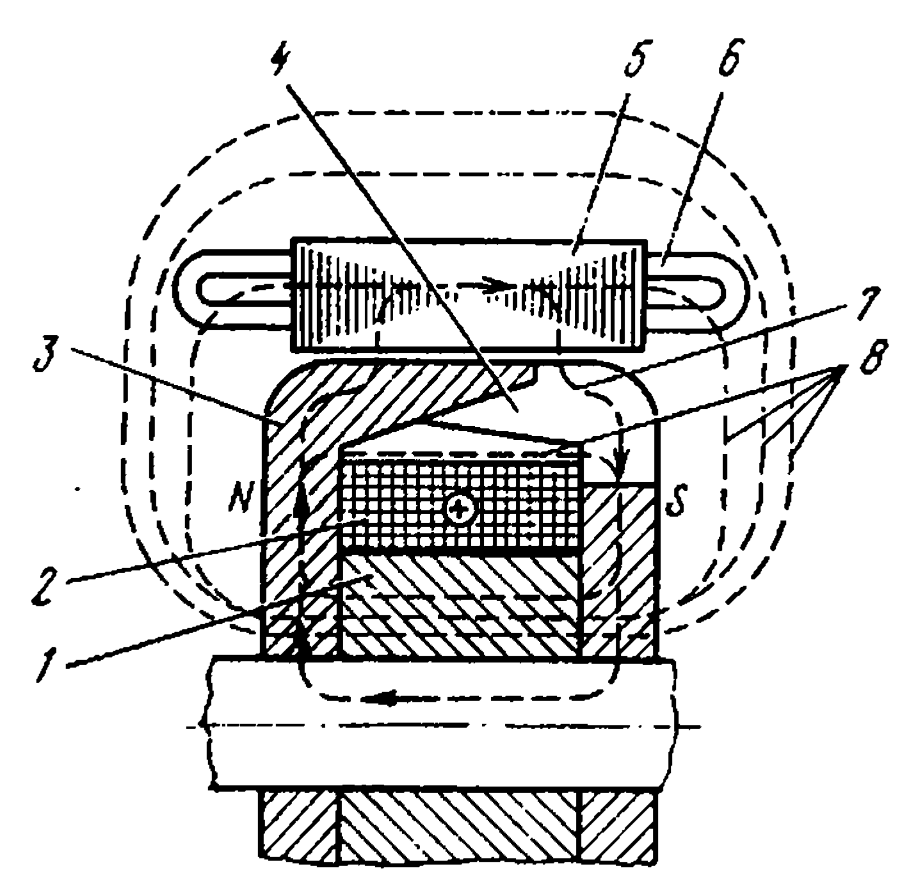


Рис. 10. Магнитная система генератора:

1 — втулка; 2 — обмотка возбуждения; 3 — полюсные наконечники (клювы) одной (северной) полярности; 4 — полюсные наконечники (клювы) другой (южной) полярности; 5 — статор; 6 — обмотка статора; 7 — основной магнитный поток; 8 — магнитный поток рассеяния

Важной характеристикой обмотки статора является число пазов на полюс и фазу, равное

$$q = \frac{Z}{2pm},$$

где Z — общее число пазов на статоре; $2p$ — число полюсов генератора; m — число фаз генератора.

В отечественных автомобильных генераторах применяются трехфазные обмотки с числом пазов на полюс и фазу q, равным 0,5; 1 и 2.

Катушки обмотки статора в большинстве случаев имеют по нескольку витков, но на схемах обмотки (см. рис. 5, 6, 7, 8) они, как правило, условно изображаются одновитковыми, так как схема соединения катушек друг с другом не зависит от числа витков в катушке.

Электродвижущая сила в фазных обмотках генератора возникает при пересечении проводников обмотки статора магнитным потоком, созданным обмоткой возбуждения. При замыкании выключателя зажигания ток от аккумуляторной батареи поступает в обмотку возбуждения генератора. Вокруг обмотки возбуждения *2* возникает магнитный поток (рис. 10), рабочая часть *7* которого проходит через втулку *1* и вал, распределяется по клювообразным полюсам *3* одной полярности *N*, выходит из полюсов этой полярности, пересекает воздушный зазор между ротором и статором, проходит по зубцам и спинке статора *5*, еще раз пересекает воздушный зазор, входит в клювообразные полюса *4* другой полярности *S* и замыкается через эти полюса опять на втулку *1* и вал. Часть магнитного потока, созданного обмоткой возбуждения, замыкается по воздуху мимо статора, не охватывая провода его обмотки. Эта часть магнитного потока *8* называется магнитным потоком рассеяния и в наведении электродвижущей силы в обмотке статора *6* не участвует.

При вращении ротора под каждым зубцом статора проходят попеременно то северный, то южный полюс ротора. Величина магнитного потока, проходящего через зубцы статора при этом изменяется по величине и направлению, пересекая проводники трехфазной обмотки статора, заложенной в пазы между зубцами.

Действующее (эффективное) значение электродвижущей силы, наводимой в обмотке одной фазы генератора при данной величине рабочего магнитного потока Φ_δ, определяется по формуле $E_ф = 4{,}44\, k_{об} f w \Phi_\delta$ [В],

где f — частота индуктированной э. д. с.;

ω — число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы статора;

Φ_δ — значение рабочего магнитного потока в воздушном зазоре генератора, Вб;

$k_{об}$ — коэффициент.

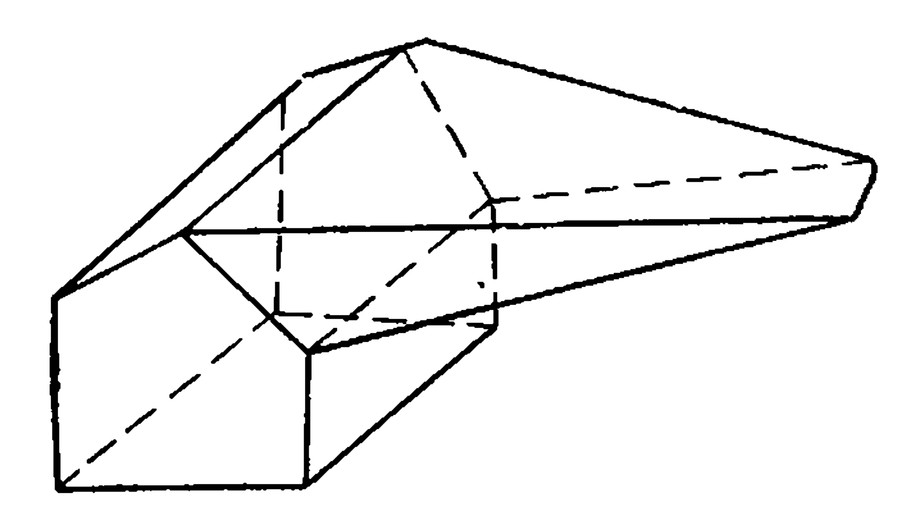


Рис. 11. Форма клювообразного полюса

Так как стороны одного витка катушки не всегда расположены точно на расстоянии полюсного деления (т. е. расстояния между осями смежных полюсов), то э. д.с., индуктированные в двух сторонах одного и того же витка, могут не совпадать по фазе и суммирование этих э. д.с. необходимо выполнять не арифметически, а геометрически. Это обстоятельство учитывается обмоточным коэффициентом $k_{об}$, который является отношением геометрической суммы э. д.с., индуктированных в отдельных проводах обмотки, к их арифметической сумме.

Значение обмоточного коэффициента $k_{об}$ зависит от числа q пазов статора генератора на полюс и фазу и равно: 0,866 — для трехфазных генераторов при $q=0{,}5$ (18 пазов на статоре, 12 полюсов ротора); 1,0 — для трехфазных генераторов при $q=1$ (36 пазов на статоре, 12 полюсов ротора); 0,966 — для трехфазных генераторов при $q=2{,}0$ (72 паза на статоре, 12 полюсов ротора).

Характер изменения э. д. с. в проводниках обмотки статора, т. е. форма э. д. с. определяется кривой распределения магнитной индукции в зазоре по окружности статора, которая, в свою очередь, зависит от формы полюса.

В автомобильных синхронных генераторах применяют клювообразный полюс (рис. 11), имеющий трапецеидальную форму поверхности, обращенную к расточке (т. е. внутренней поверхности) статора. Такой полюс обеспечивает форму кривой э. д.с., близкую к синусоидальной.

Переменное напряжение и ток, индуктированные в обмотке статора, выпрямляются при помощи кремниевых выпрямителей, собранных по трехфазной двухполупериодной схеме (схеме А. Н. Ларионова). В этой схеме (рис. 12, *а*) применены шесть вентилей: три для положительной полярности и три для отрицательной полярности.

Максимальные значения индуктированных в обмотках фаз генератора напряжений $U_{1фmax}$, $U_{2фmax}$, $U_{3фmax}$ изображены на векторной диаграмме (рис. 12, *б*, слева) тремя векторами, сдвинутыми друг относительно друга на 120° (т. е. $^1/_3$ периода индуктированного напряжения). Мгновенные значения индуктированного напряжения $u_{1ф}$, $u_{2ф}$, $u_{3ф}$ изображены в правой части рис. 12, *б*. С течением времени все три вектора на векторной диаграмме, не

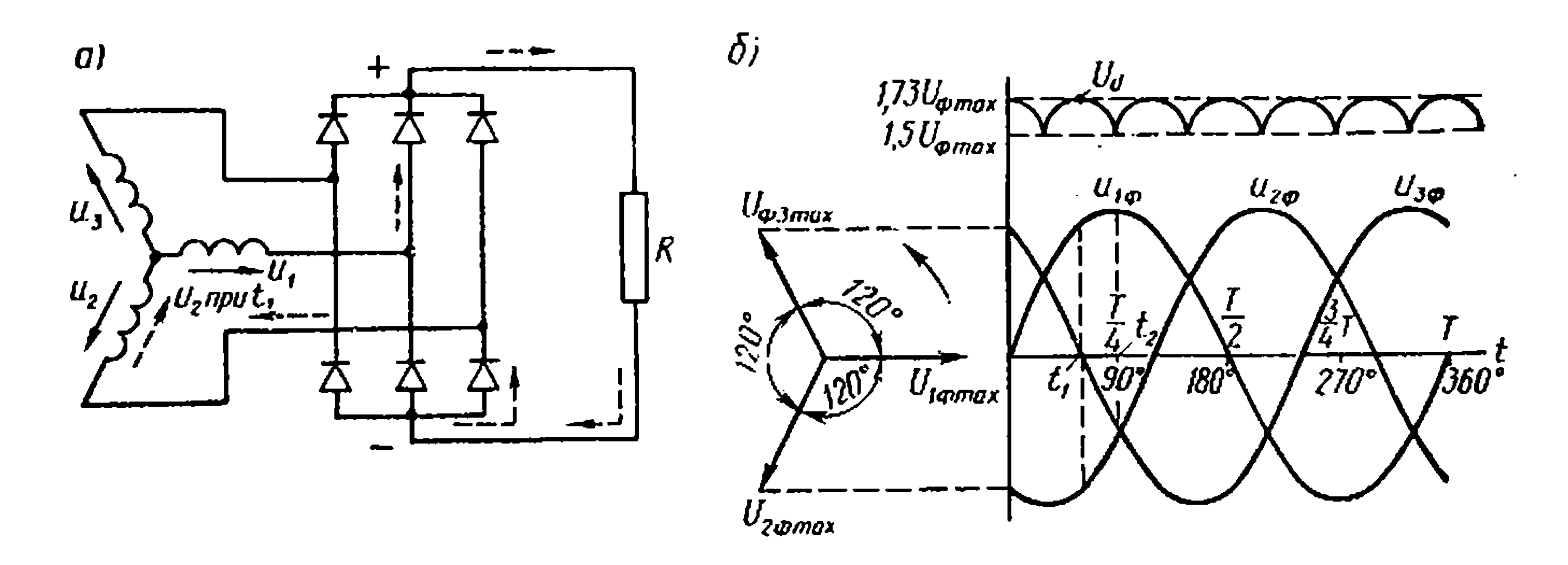


Рис. 12. Схема выпрямления переменного тока автомобильного генератора:

а — соединение трехфазной обмотки генератора с вентилями по трехфазной двухполупериодной схеме (схема А. Н. Ларионова); *б* — векторная диаграмма (слева) и кривые изменения мгновенных значений фазных напряжений по времени, а также кривая выпрямленного напряжения (справа); R — сопротивление нагрузки

изменяя взаимного расположения, вращаются против часовой стрелки, делая один оборот за один период T переменного напряжения. Мгновенные значения напряжений $u_{1ф}$, $u_{2ф}$, $u_{3ф}$ равняются проекциям этих векторов на вертикальную ось и, следовательно, изменяются по синусоидам. Положительные направления индуктированных в обмотках фаз генератора напряжений $u_{1ф}$, $u_{2ф}$, $u_{3ф}$ (т. е. их направления во время положительной полуволны переменного напряжения) показаны на схеме обмоток генератора (см. рис. 12, *а*) сплошными стрелками.

Возьмем момент времени t_1 (см. рис. 12, *б*, справа), соответствующий $^1/_6$ периода Т, или 60° поворота векторов от начального положения. Мгновенные значения фазных напряжений в этот момент будут:

$$u_{ф1} = U_{1фmax} \sin 60° = U_{1фmax} \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ — положительно;}$$

$$u_{ф2} = U_{2фmax} \sin 300° = -U_{2фmax} \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ — отрицательно;}$$

$$u_{ф3} = U_{3фmax} \sin 180° = 0.$$

Поскольку напряжение $u_{ф2}$ в данный момент t_1 отрицательно, то его фактическое направление в обмотке генератора будет обратным; на рис. 12, *а* оно изображено пунктирной стрелкой.

Напряжение, приложенное к вентилям выпрямительного устройства, при соединении фаз статора в звезду будет равно разности напряжений двух фаз (в данном случае первой и второй), поскольку фазы соединены в нулевую точку концами. Это напряжение будет равно:

$$u_{1ф} - u_{2ф} = U_{1фmax}\frac{\sqrt{3}}{2} - \left(-U_{2фmax}\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = U_{фmax}\sqrt{3} = 1{,}73U_{фmax},$$

так как максимальные величины напряжений всех фаз равны друг другу, т. е.

$$U_{1\text{ф}max} = U_{2\text{ф}max} = U_{3\text{ф}max} = U_{\text{ф}max}.$$

Это напряжение, равное 1,73 $U_{\text{ф}max}$, создает ток, изображенный на рис. 12, *а* пунктирными стрелками и замыкающийся на внешнее сопротивление R через два вентиля: средний положительной и правый отрицательной полярности.

В следующие после t_1 моменты времени напряжение $u_{1\text{ф}}$ будет увеличиваться, а напряжение $u_{2\text{ф}}$ быстро уменьшаться по абсолютной величине. В результате картина прохождения токов на рис. 12, *а* будет прежняя, но суммарное напряжение первой и второй фазы несколько уменьшится.

Рассмотрим момент времени t_2, соответствующий $^1/_4$ периода T или повороту векторов на 90°. В этот момент напряжение первой фазы достигает максимума $u_{1\text{ф}} = U_{1\text{ф}max}$, а напряжение второй фазы уменьшится до половины максимального значения и равняется $u_{2\text{ф}} = U_{2\text{ф}max} \sin 330° = -0{,}5\ U_{2\text{ф}max}$.

Поэтому разность напряжений первой и второй фазы будет:

$$u_{1\text{ф}} - u_{2\text{ф}} = U_{1\text{ф}max} - (-0{,}5\,U_{2\text{ф}max}) = 1{,}5\,U_{\text{ф}max}.$$

В последующие моменты времени напряжение третьей фазы $u_{3\text{ф}}$ (по абсолютной величине) становится больше уменьшающегося фазного напряжения $u_{2\text{ф}}$, и выпрямленный ток замыкается уже через обмотки и вентили первой и третьей фазы.

Таким образом, процесс повторяется и в любой момент времени в контур выпрямленного тока обязательно оказываются включенными по одному вентилю положительной и отрицательной полярности, причем в выпрямлении тока будет участвовать лишь та пара вентилей, которая находится под более высоким напряжением, чем другие. Выпрямленное напряжение U_d (см. рис. 12, *б*) будет пульсировать, изменяясь по отрезкам синусоид с частотой, в 6 раз большей, чем частота переменного тока, индуктированного в обмотках генератора, и его величина в идеальном случае (пренебрегая падением напряжения в вентилях и соединительных проводах) будет изменяться от 1,5 до 1,73 $U_{\text{ф}max}$.

Поскольку выпрямленное напряжение и ток используются на автомобиле для заряда аккумуляторной батареи, то нас интересует среднее значение выпрямленного (пульсирующего) напряжения, которое, как показывают расчеты, равно:

$$U_d = 1{,}65\,U_{\text{ф}max}.$$

Приборы измеряют не амплитудное, а действующее (эффективное) значение переменного тока, и все расчеты выполняются по действующим (эффективным) значениям переменного напряжения и тока, которые в $\sqrt{2} = 1{,}41$ раза меньше амплитудных значений. Поэтому среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_d = 1{,}65\ U_{\text{ф}max} = 1{,}65 \cdot 1{,}41\ U_{\text{ф}} = 2{,}34\,U_{\text{ф}},$$

где $U_ф$ — действующее значение фазного напряжения генератора.

Величина выпрямленного тока

$$I_d \doteq \sqrt{\frac{3}{2}} I_ф = 1{,}225 I_ф,$$

где $I_ф$ — действующее значение фазного тока генератора.

В реальных случаях вследствие падения напряжения в селеновых или кремниевых вентилях, соединительных проводах и т. п., соотношения между величинами выпрямленного и фазного напряжения и тока отличаются от приведенных выше теоретических значений и их величина обычно определяется экспериментальным путем.

3. Характеристики генераторов

Свойства автомобильного генератора переменного тока определяются рядом характеристик, связывающих между собой следующие основные величины: фазное $U_ф$, линейное $U_л$ и выпрямленное U_d напряжения; фазный ток $I_ф$; выпрямленный ток I_d нагрузки генератора; ток возбуждения $I_в$ генератора; частоту вращения n генератора.

Характеристики генератора представляют собой зависимость между двумя какими-либо величинами при неизменных значениях остальных величин. Основными характеристиками являются:

характеристика холостого хода — зависимость э.д.с. генератора от тока возбуждения $E=f(I_в)$ при постоянной частоте вращения и токе нагрузки $I_н$, равном нулю;

внешняя характеристика — зависимость выпрямленного напряжения генератора U_d от тока нагрузки $I_н$ при постоянной частоте вращения n и определенном значении тока возбуждения $I_в$;

регулировочная характеристика — зависимость тока возбуждения $I_в$ от тока нагрузки $I_н$ при неизменном значении линейного напряжения генератора $U_л$;

нагрузочная характеристика — зависимость выпрямленного напряжения генератора U_d от тока возбуждения $I_в$ при неизменном токе нагрузки $I_н$;

токоскоростная характеристика (название характеристики дано Ю. А. Купеевым) — зависимость тока нагрузки генератора $I_н$ от частоты вращения ротора генератора n и скорости движения автомобиля при неизменных значениях выпрямленного напряжения U_d на зажимах генератора и тока возбуждения генератора $I_в$.

Автомобильные генераторы приводятся во вращение от двигателя внутреннего сгорания с постоянным передаточным отношением привода, поэтому частота вращения ротора генератора может изменяться от минимального значения, соответствующего частоте вращения коленчатого вала в режиме холостого хода

автомобильного двигателя до максимального значения, соответствующего максимальной скорости движения автомобиля.

Отношение минимальной и максимальной частот вращения ротора генераторов может составлять: 1:12 — для автомобилей с карбюраторными двигателями; 1:4 — для автомобилей с дизельными двигателями.

Поэтому характеристики автомобильных генераторов в противоположность общепромышленным генераторам снимаются не при одном значении частоты вращения, а при различных значениях частоты вращения n и образуют обычно семейство характеристик, покрывающих весь диапазон изменения частоты вращения от минимальной до максимальной.

Характеристика холостого хода, как следует из уравнения э. д. с. генератора, для различных частот вращения выражается семейством характеристик (рис. 13). На рис. 13 ток возбуждения дан в относительных единицах $\frac{I_в}{I_{вн}}$, т. е. по отношению к номинальному току возбуждения.

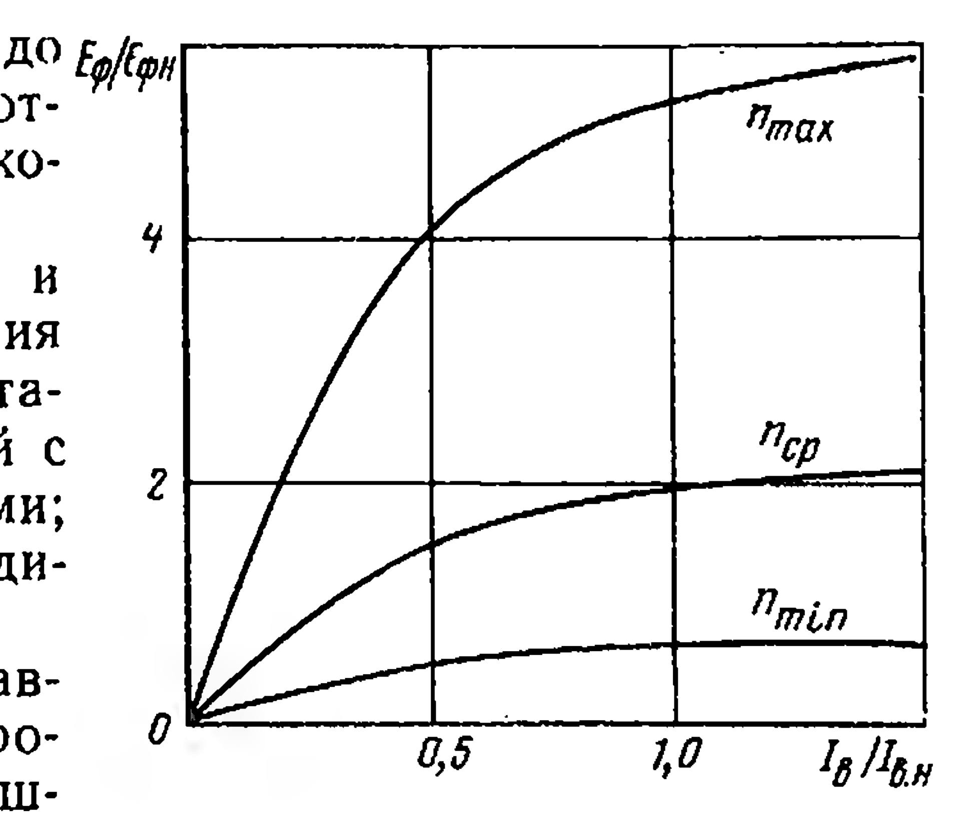


Рис. 13. Семейство характеристик холостого хода автомобильного генератора при различных частотах вращения ротора генератора

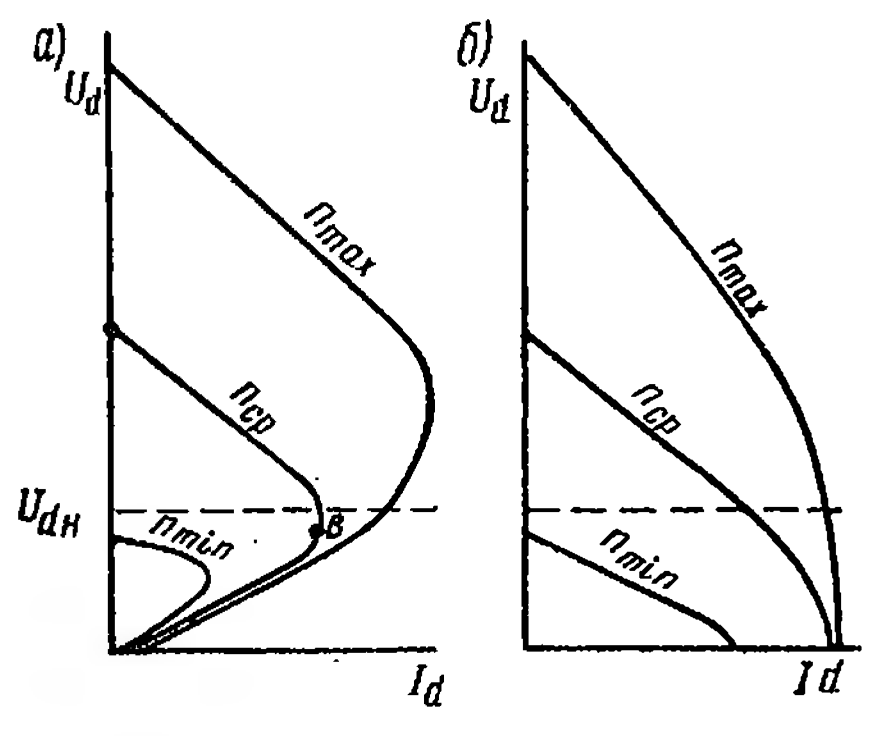


Рис. 14. Семейство внешних характеристик автомобильного генератора при различных частотах вращения ротора генератора:

а — при самовозбуждении; *б* — при независимом возбуждении

С другой стороны, э. д. с. холостого хода прямо пропорциональна частоте вращения n, так как при заданном значении тока возбуждения $I_в$ магнитный поток Φ_δ в воздушном зазоре не зависит от частоты вращения.

По характеристике холостого хода определяется начальная частота вращения ротора генератора, при которой напряжение генератора достигает расчетной величины.

В практике характеристику холостого хода определяют или по величине фазной э. д. с. $E_ф$, или по линейному значению э. д. с. $E_л = \sqrt{3}E_ф$, или иногда по значению выпрямленного напряжения холостого хода U_d, практически равного для трехфазной схемы А Н. Ларионова:

$$U_d = (2{,}0 - 2{,}15)\,E_ф.$$

Внешняя характеристика автомобильного генератора также выражается семейством кривых, соответствующих различным частотам вращения ротора генератора (рис. 14).

Как известно, снижение напряжения при увеличении нагрузки автомобильного генератора происходит: из-за падения напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях обмоток статора, из-за размагничивающего действия магнитного потока реакции якоря, уменьшающего магнитный поток в воздушном зазоре, а также из-за падения напряжения в цепи выпрямителя.

Внешние характеристики могут определяться при самовозбуждении или при независимом возбуждении. Схемы соединения для снятия внешних характеристик показаны на рис. 15.

Внешние характеристики при самовозбуждении снимаются по схеме, показанной на рис. 15, *а*. Каждая характеристика снимается при неизменном значении частоты вращения генератора и неизменном сопротивлении цепи возбуждения.

Верхняя ветвь внешней характеристики на участке *АВ* (см. рис. 14, *а*) соответствует устойчивой работе генератора, когда при уменьшении сопротивления нагрузочного реостата напряжение генератора падает медленнее, чем сопротивление, и ток генератора возрастает. Нижняя ветвь внешней характеристики соответствует неустойчивой работе генератора.

Из семейства внешних характеристик, снятых при самовозбуждении, определяется, как правило, величина максимального тока, которая обеспечивается при заданном номинальном или регулируемом значении напряжения.

Семейство внешних характеристик, снятых по схеме независимого возбуждения, изображено на рис. 14, *б*. Каждая характеристика снимается при определенных значениях частоты вращения ротора генератора и напряжения постоянного тока, подводимого к обмотке возбуждения, что соответствует определенному значению тока возбуждения генератора.

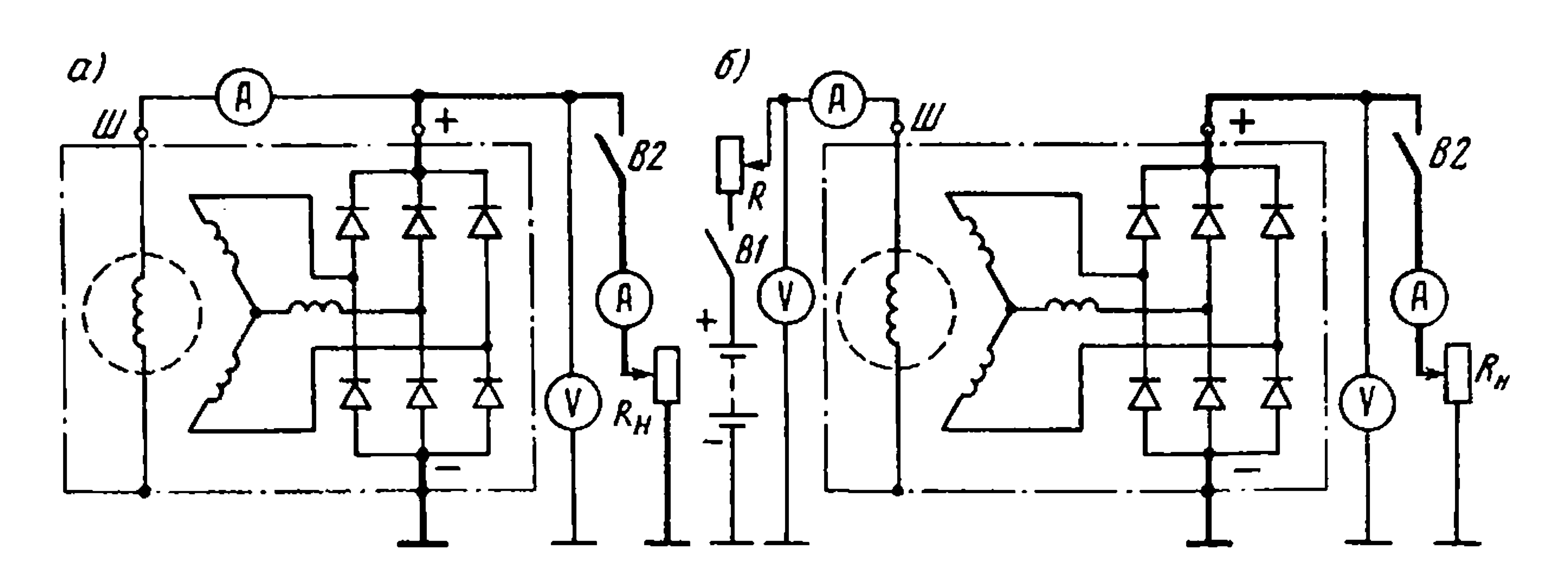


Рис. 15. Электрические схемы соединения генератора при снятии семейства внешних характеристик:

а — при самовозбуждении; *б* — при независимом возбуждении; *В1* — выключатель в цепи возбуждения; *В2* — выключатель в цепи нагрузки

В отличие от внешних характеристик, снятых при самовозбуждении, ток короткого замыкания генератора здесь больше номинального тока нагрузки и имеет максимальную величину при максимальной частоте вращения. Значение тока нагрузки, определяемое при независимом возбуждении, больше значения тока нагрузки, определяемого по схеме самовозбуждения, на величину тока возбуждения.

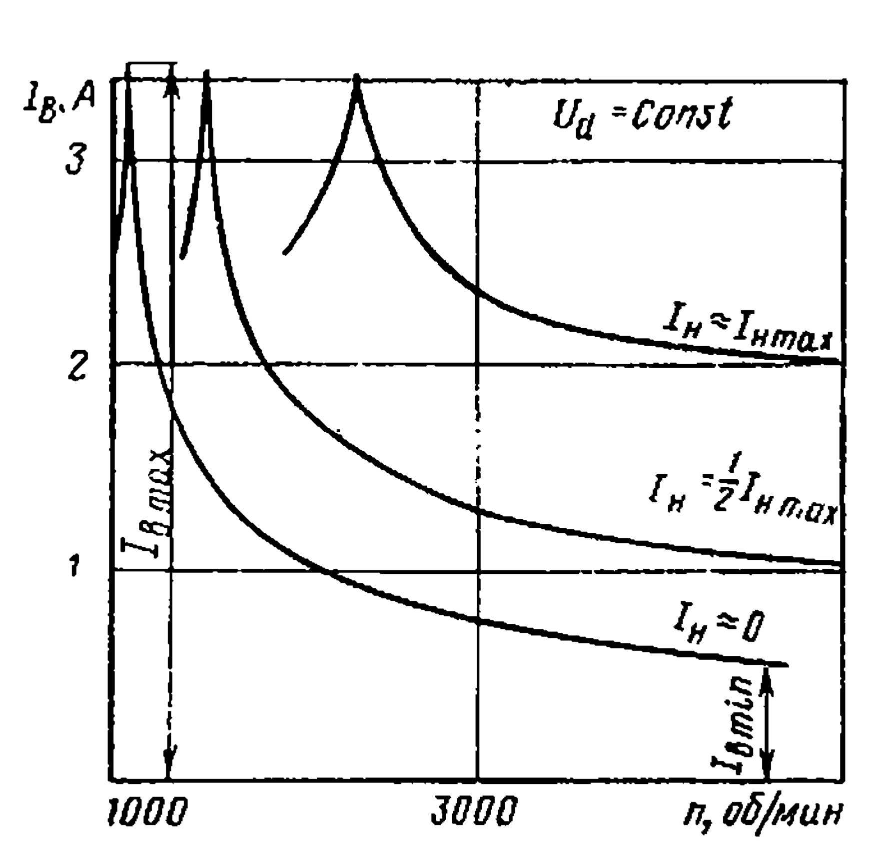


Рис. 16. Скоростные регулировочные характеристики генератора при различных значениях тока нагрузки

Регулировочная характеристика обычно определяется при нескольких значениях тока нагрузки генератора $I_н$ — минимальной, средней и максимальной, и имеет вид, представленный на рис. 16. Минимальное значение тока возбуждения генератора $I_{в min}$ определяется при $I_н = 0$ и заданной максимальной частоте вращения ротора генератора. Из регулировочных характеристик обычно определяют диапазон изменения тока возбуждения с изменением тока нагрузки при неизменном значении выпрямленного напряжения $U_d = \text{const}$.

Токоскоростная характеристика генератора может определяться при независимом возбуждении или при самовозбуждении, однако основное практическое значение имеет характеристика, снятая при самовозбуждении. Электрические схемы соединений генератора для снятия токоскоростных характеристик те же, что и при снятии внешних характеристик (см. рис. 15).

Токоскоростная характеристика генератора $I_н = f(n)$ имеет значительную кривизну (рис. 17), так как с увеличением частоты вращения n отдаваемый генератором ток $I_н$ растет все медленнее. Это объясняется тем, что с увеличением частоты вращения ротора генератора, а следовательно, с увеличением частоты индуктированного в обмотке статора переменного тока увеличивается индуктивное сопротивление обмотки статора генератора, пропорциональное квадрату числа витков в фазе. Вследствие этого с увеличением частоты вращения ток генератора увеличивается медленнее, ассимптотически стремясь к некоторому предельному значению.

Действительно, при замыкании внешней цепи на сопротивление нагрузки индуктированная в обмотке статора электродвижущая сила вызывает ток

$$I = \frac{E}{\sqrt{(r + R)^2 + x^2}},$$

где r — активное сопротивление обмоток статора; R — сопротивление нагрузки;

$$E = 4{,}44 kwf \Phi_\delta = 4{,}44 kw \frac{pn}{60} \Phi_\delta = C_x n \Phi_\delta ;$$

x -- индуктивное сопротивление обмотки генератора.

$$x = 2\pi f L = 2\pi \frac{pn}{60} L = C_y n,$$

C_x и C_y — постоянные величины.

Подставляя в уравнение тока значения E и x, получим

$$I = \frac{C_x \, n \Phi_\delta}{\sqrt{(r+R)^2 + C_y^2 \, n^2}}.$$

При малой частоте вращения ротора величина $C^2_y n^2$ мала по сравнению с $(r+R)^2$ и ею можно пренебречь, тогда

$$I = \frac{C_x \Phi_\delta}{\sqrt{(r+R)^2}} n = \frac{C_x \Phi_\delta}{r+R} n.$$

Как видно из формулы, ток при малой частоте вращения растет пропорционально частоте вращения (начальная часть характеристики на рис. 17).

При возрастании частоты вращения возрастает значение $C^2_y n^2$ и при большой частоте вращения можно пренебречь значением $(r+R)^2$; тогда ток будет равен:

$$I = \frac{C_x \, n \Phi_\delta}{\sqrt{(r+R)^2 + C_y^2 \, n^2}} = \frac{C_x \Phi_\delta}{C_y} = \text{const},$$

т. е. ток будет равен какой-то постоянной величине, не зависящей от частоты вращения, а определяемой параметрами обмоток генератора и величиной магнитного потока холостого хода.

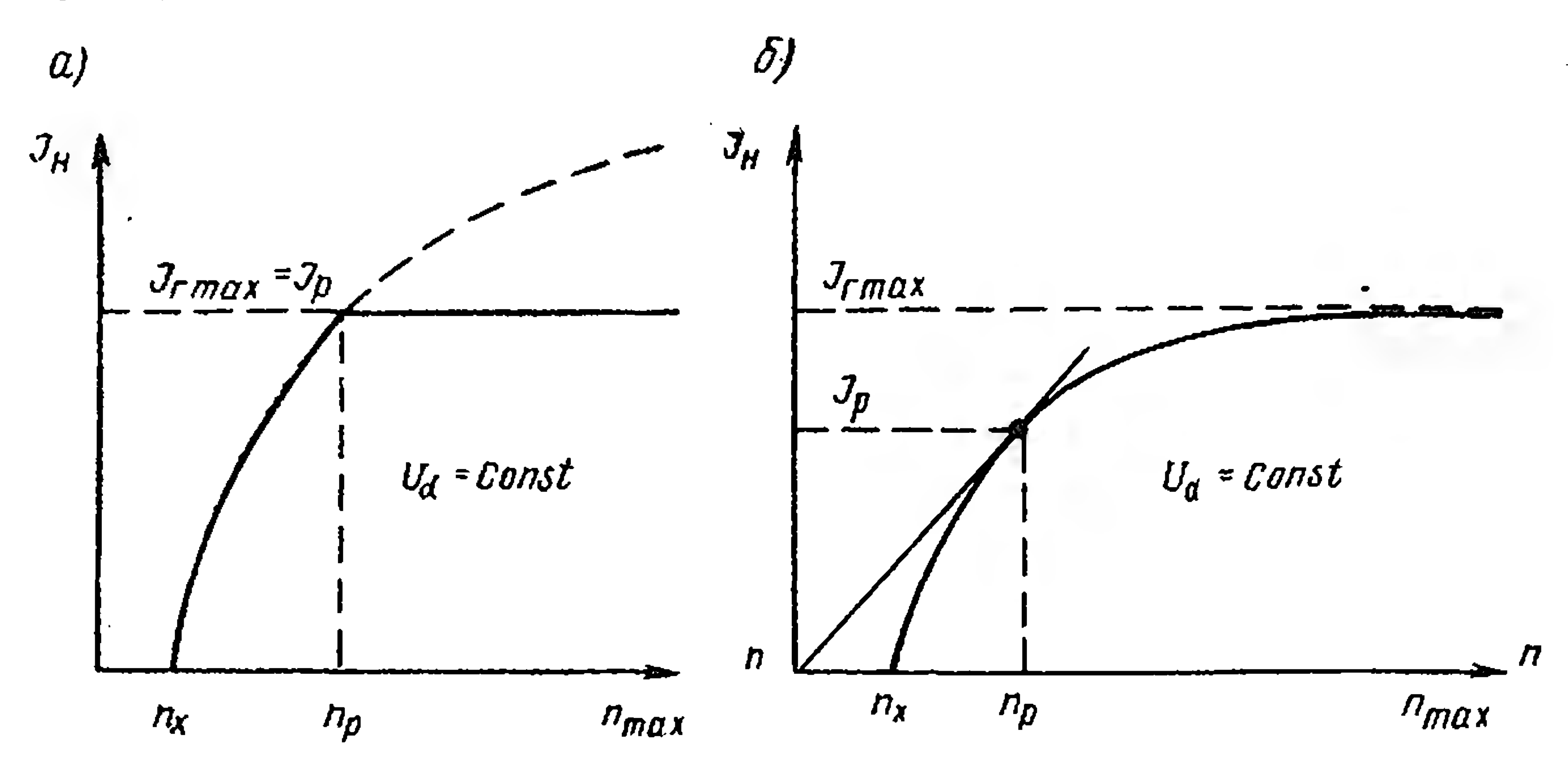


Рис. 17. Токоскоростные характеристики автомобильного генератора:
а — с ограничителем тока в схеме регулирования; *б* — с самоограничением максимального тока

В зависимости от способа ограничения максимального тока генератора различают два вида токоскоростных характеристик, а именно: с ограничителем тока в схеме регулирования напряжения генератора или с самоограничением максимального тока генератора. В первом случае, когда предельное значение тока генератора при большой частоте вращения больше, чем допустимо по нагреву, выпрямленный ток ограничивается автоматически посредством отдельного элемента — ограничителя тока, входящего в регулирующее устройство (рис. 17, *а*). Однако это ведет к усложнению конструкции регулирующего устройства, что нежелательно по технико-экономическим и эксплуатационным соображениям.

Для исключения из конструкции регулирующего устройства дополнительного элемента — ограничителя тока, число витков обмотки статора увеличивают и подбирают таким образом, чтобы при увеличении частоты вращения ротора предельное значение тока не превышало допустимой по нагреву величины (рис. 17, *б*). Тогда ограничитель тока становится излишним, так как генератор приобретает свойство самоограничения отдаваемого им тока. Все современные автомобильные генераторы выполняются с самоограничением отдаваемого ими тока и имеют характеристику, соответствующую рис. 17, *б*.

Кроме того, различают токоскоростные характеристики в так называемом «холодном» и «горячем» состоянии генератора, которые экспериментально определяют следующим образом. Генератор устанавливают на стенде, имеющем электрический двигатель для привода во вращение ротора генератора, и приборы, соединенные по схеме, приведенной на рис. 15, *а* или 15, *б*. В случае снятия характеристики по схеме рис. 15, *б* (независимого возбуждения) сначала включают выключатель *В1* и реостатом устанавливают напряжение возбуждения, равное номинальной величине (т. е. 14 или 28 В*). После этого плавно приводят во вращение ротор генератора и тахометром определяют начальную частоту вращения в режиме холостого хода, при которой выпрямленное напряжение достигаст величины 14 или 28 В. Затем включают рубильник *В2* и снимают характеристику, увеличивая частоту вращения и подбирая на каждой частоте вращения такое положение реостата нагрузки $R_н$, чтобы выпрямленное напряжение было равно номинальному напряжению 14 или 28 В. Характеристика, снятая таким образом, соответствует «холодному» состоянию.

Для определения токоскоростной характеристики в «горячем» состоянии генератор в комплекте с регулирующим устройством должен предварительно проработать на стенде в режиме нагрузки расчетным током при частоте вращения 3000—3500 об/мин в

---

* Номинальные напряжения автомобильных генераторов 14 и 28 В установлены ГОСТ 3940—71 и введены с 1973 г. В генераторах, спроектированных ранее, описанные характеристики снимались соответственно при напряжении 12,5 и 25 В.

течение 1,5—2 ч, после чего снятие характеристик производится так же, как описано выше.

Под расчетным током $I_р$, величина которого определяет размеры и массу генератора, подразумевают: в случае применения в схеме регулирования ограничителя тока (рис. 17, *а*) — максимальный ток генератора, ограничиваемый ограничителем тока; в генераторе с самоограничением — величину тока нагрузки $I_р$, равную 70—75% от максимальной величины тока самоограничения генератора (рис. 17, *б*). Частоту вращения ротора генератора, соответствующую расчетному току нагрузки, называют расчетной частотой вращения $n_р$, а режим работы генератора при расчетном токе $I_р$ и расчетной частоте вращения $n_р$ — расчетным режимом.

Параметры $I_р$ и $n_р$, характеризующие расчетный режим генератора с самоограничением тока, можно определить, проведя из начала координат касательную к токоскоростной характеристике (см. рис. 17, *б*). Тогда точка касания определяет расчетные величины $I_р$ и $n_р$.

Автомобильные генераторы рассчитаны таким образом, что узлы и детали генератора выдерживают тепловую нагрузку, соответствующую любому режиму его работы. Поэтому на табличке генератора обозначают наряду с номинальной величиной напряжения (14 или 28 В) величину максимального тока нагрузки генератора.

В случае применения ограничителя тока эта величина равна току, на который установлен ограничитель, а в случае генератора с самоограничением отдаваемого тока — максимальному току самоограничения.

Максимальная мощность генератора переменного тока определяется по соотношению

$$P_{г\max} = U_{dн} I_{г\max},$$

где $U_{dн}$ — номинальное выпрямленное напряжение, равное по ГОСТ 3940—71, соответственно 14 или 28 В; $I_{г\max}$ — максимальный ток нагрузки генератора.

Генераторы с номинальным напряжением 14 и 28 В предназначены для работы соответственно в 12-вольтовой и 24-вольтовой системе электрооборудования автомобиля.

Для оценки использования материалов генератора применяется «коэффициент использования» (максимальный)

$$K_{\max} = \frac{P_{г\max}}{G_г} \left[\frac{Вт}{кг} \right],$$

где $G_г$ — масса генератора, кг (без шкива).

Однако так как масса электрических машин зависит не от их мощности, а от момента (т. е. мощности, деленной на частоту вращения), то пользоваться этим коэффициентом можно только для сравнения технического уровня генераторов с одинаковой или близкой частотой вращения.

Поэтому для более объективной оценки технического уровня и совершенства расчета в смысле использования материалов генератора применяется удельный коэффициент использования, учитывающий различную частоту вращения

$$K_{уд} = \frac{U_{dн} I_р}{G_г n_р} \left[\frac{Вт \cdot мин}{кг}\right].$$

Удельный коэффициент использования также при одинаковом использовании материалов генератора несколько увеличивается с увеличением их мощности, однако это увеличение в пределах колебания мощностей автомобильных генераторов сравнительно невелико.

На практике в случаях, когда токоскоростная характеристика неизвестна и, следовательно, определить величину $I_р$ и $n_р$ нельзя, пользуются удельным коэффициентом использования по холостому ходу

$$K_х = \frac{U_{dн} I_{гmax}}{G_г n_х} \left[\frac{Вт \cdot мин}{кг}\right],$$

где $n_х$ — начальная частота вращения при холостом ходе, которая обычно указывается в каталогах.

Этот коэффициент приблизительно пропорционален предыдущему, наиболее правильному оценочному параметру и составляет

$$K_х = (2{,}8 \div 3{,}2) K_{уд}.$$

В технических условиях на генераторы, как правило, указывают следующие параметры токоскоростной характеристики генераторов в «холодном» и «горячем» состояниях: начальную частоту вращения в режиме холостого хода $n_х$; расчетную частоту вращения ротора генератора $n_р$; максимальную частоту вращения ротора генератора n_{max}; максимальный ток нагрузки генератора $I_{гmax}$.

Глава II

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

1. Полупроводниковые вентили

Массовый характер производства автомобильных генераторов, а также тяжелые условия эксплуатации их требуют специальных конструкций полупроводниковых приборов, используемых для выпрямления тока и регулирования напряжения генераторов. Поэтому наряду с приборами общего назначения для автомобильных генераторных установок разработаны и освоены в производстве специальные конструкции кремниевых вентилей, выпрямительных устройств и других полупроводниковых приборов.

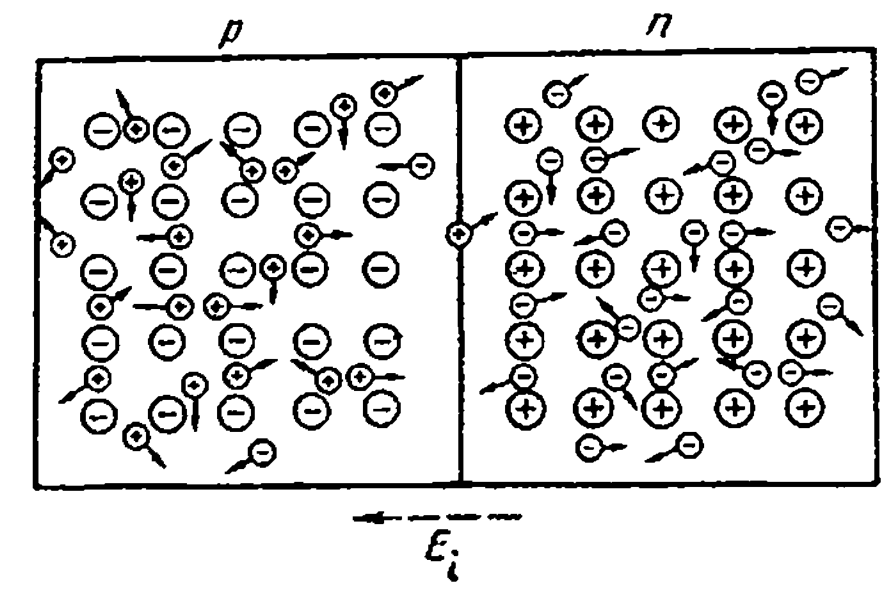


Рис. 18. Электронно-дырочный переход при отсутствии внешнего электрического поля (схема движения носителей заряда)

Принцип действия полупроводниковых вентилей основан на односторонней проводимости границы раздела двух полупроводников, обладающих различными типами электропроводимости — электронной и дырочной. Границу раздела называют электронно-дырочным переходом или сокращенно *p-n*-переходом.

На рис. 18 показана схема полупроводникового вентиля, где слева от границы раздела двух полупроводников показан *p*-полупроводник, обладающий дырочной проводимостью, а справа — *n*-полупроводник с электронной проводимостью. В *p*-области изображены отрицательные ионы кристаллической решетки, обозначаемые кружочками со знаком минус, и положительные носители заряда — дырки[1], обозначаемые кружочками меньшего диаметра со знаком плюс. В *n*-области изображены положительные ионы кристаллической решетки, обозначаемые кружочками со знаком плюс, и отрицательные носители заряда — электроны, обозначаемые кружочками меньшего диаметра со знаком минус.

Избыток электронов в *n*-полупроводнике, например в германии и кремнии, создается при введении в чистый четырехвалентный полупроводник небольшого количества пятивалентного элемента, например, мышьяка *As* или сурьмы *Sb*. При этом атомы последних размещаются в узлах кристаллической решетки полупроводника; между каждым атомом примеси и четырьмя окружающими его атомами полупроводника возникает ковалентная связь. На валентной (внешней) оболочке примеси имеется пять электронов, а участвуют в ковалентных связях с другими атомами только четыре электрона, следовательно, один электрон оказывается «лишним». Эти лишние электроны, изображенные на рис. 18 справа, слабо связаны со своими атомами и достаточно сообщить им немного энергии, чтобы они стали свободными и могли двигаться между ионами; поэтому они являются и называются **основными носителями тока**. В *n*-полупроводнике имеется еще некоторое количество дырок, обусловленных собственной проводимостью полупроводника; эти дырки называются неосновными носителями тока.

[1] Дырками называют незаполненные электронами места в ковалентных связях с атомами. При перемещении (перескакивании) электрона на свободное место образуется дырка на месте, которое этот электрон занимал раньше. Таким образом, при перемещении электронов на свободные места дырки перемещаются в противоположном направлении и, следовательно, играют роль положительных зарядов, равных по величине заряду электрона.

Избыток дырок в p-полупроводнике создается при добавлении в чистый четырехвалентный полупроводник трехвалентных элементов III группы периодической системы элементов. Например, при добавлении в германий небольшого количества трехвалентного индия каждый атом последнего обменивается с атомами германия, которые его окружают валентными электронами. Но индий — трехвалентен, поэтому четвертая связь оказывается незаполненной. В незаполненной валентной связи атома германия недостает одного электрона для устойчивости восьмиэлектронной оболочки, и вместо него образуется дырка.

Дырки в p-полупроводнике называются основными носителями тока, а находящиеся в нем в небольшом количестве свободные электроны называются неосновными носителями тока. На рис. 18 изображены лишь основные носители тока — электроны в n-полупроводнике и дырки в p-полупроводнике.

При отсутствии внешнего электрического поля дырки и электроны, находясь в непрерывном хаотическом движении, диффундируют через границу раздела: часть дырок переходит в n-полупроводник, а часть электронов переходит в p-полупроводник. При этом длительное существование проникших через границу раздела носителей тока невозможно, так как электроны и дырки, окруженные в полупроводнике основными носителями заряда противоположного знака, рекомбинируют (соединяются) с ними и перестают существовать как носители электрического тока. В результате оба полупроводника у границы раздела обедняются подвижными носителями заряда, что влечет за собой соответствующее обнажение ионов кристаллической решетки (рис. 19). В результате описанной диффузии носителей тока в пограничной области создается электрическое поле разноименных зарядов, имеющих отрицательный потенциал φ_p в p-области полупроводника и положительный потенциал φ_n в n-области полупроводника. Направление этого внутреннего электрического поля показано на рис. 18 и 19 стрелкой E_i.

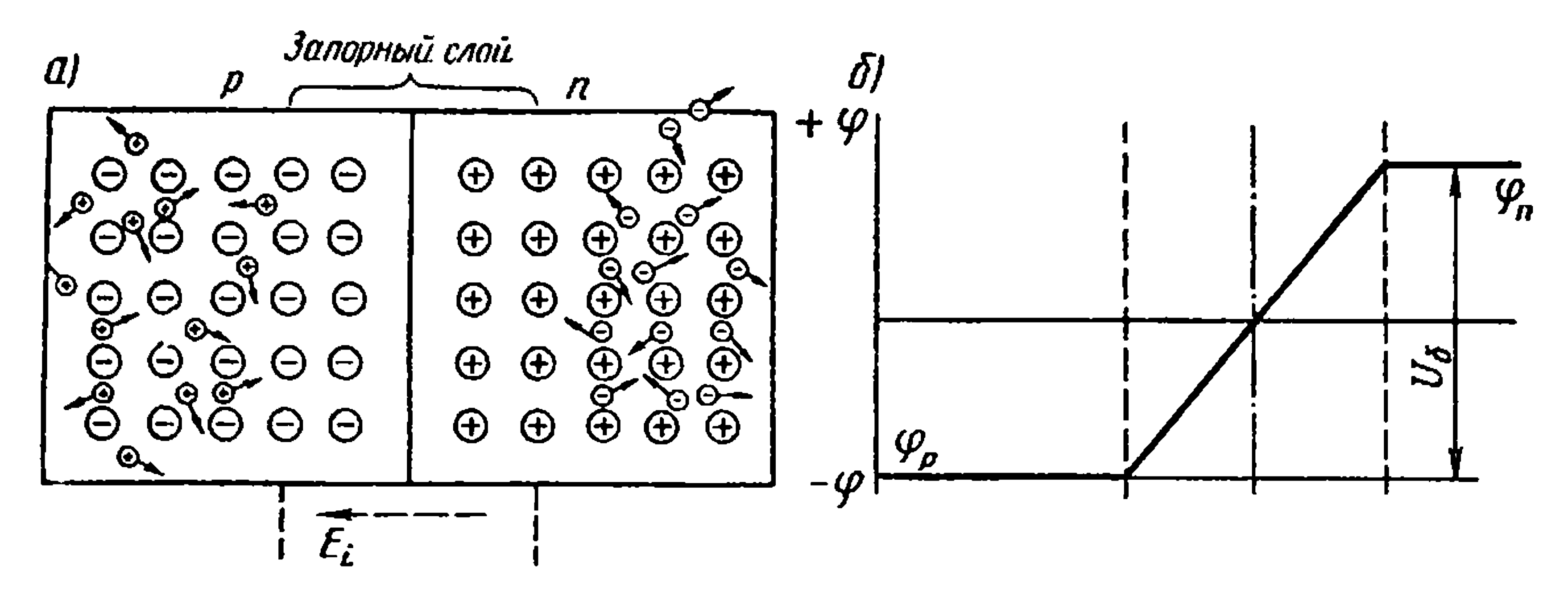


Рис. 19. Электронно-дырочный переход после контактной диффузии носителей заряда:

а — схема движения и расположения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

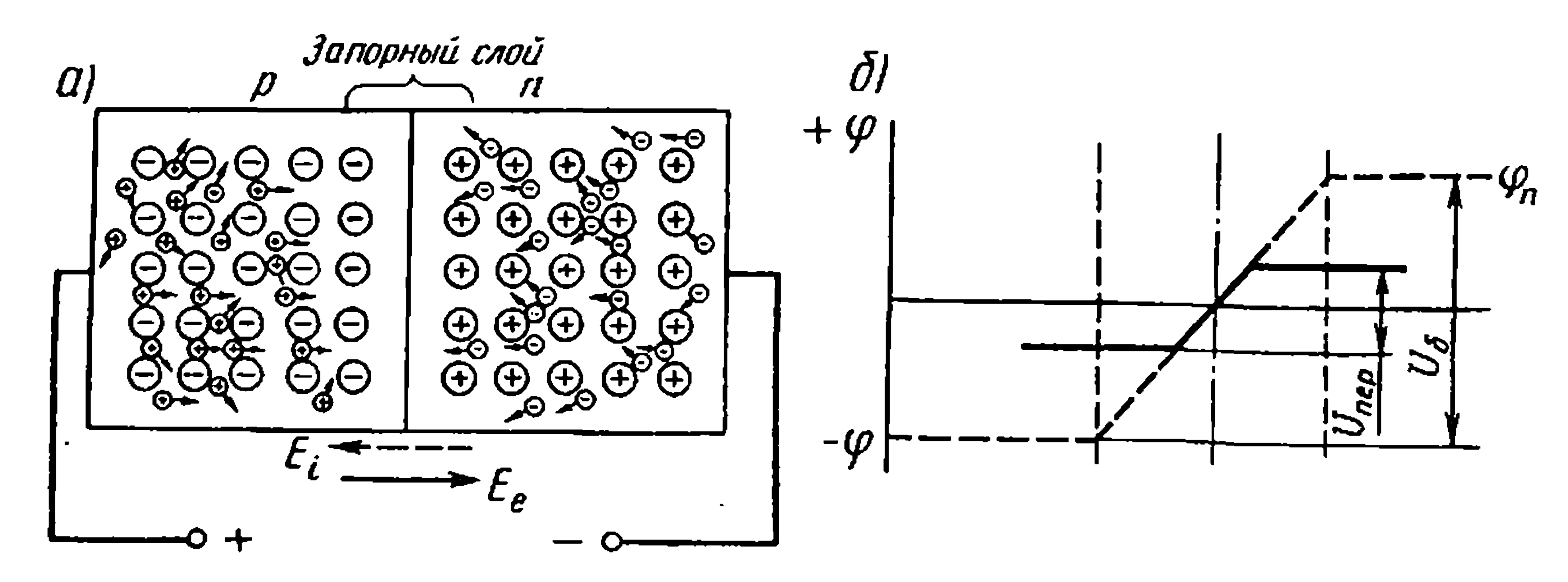


Рис. 20. Электронно-дырочный переход при внешнем электрическом поле, направленном из p-области в n-область (прямое направление):
а — схема движения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

Разность потенциалов $U_б = \varphi_n - \varphi_p$ между двумя областями представляет собой потенциальный барьер, препятствующий дальнейшей диффузии носителей заряда из одного полупроводника в другой.

Итак, благодаря диффузии носителей тока вблизи границы p—n областей возникает слой, обедненный носителями тока (см. рис. 19). Поэтому удельное сопротивление слоя, образовавшегося на границе раздела, значительно увеличивается, в то время как удельное сопротивление самих p и n областей благодаря большой концентрации носителей тока в них мало. Этот обедненный носителями тока слой называется запорным слоем.

При подключении напряжения к p-n-переходу плюсом к p-области, а минусом к n-области, как показано на рис. 20, силы внешнего электрического поля E_e действуют в направлении, обратном направлению образовавшегося на границе p—n-перехода внутреннего электрического поля E_i. Создается результирующее электрическое поле, под воздействием которого потенциальный барьер уменьшается. При этом напряжение на переходе будет равно $U_{пер} = U_б - U$, где U — внешнее напряжение

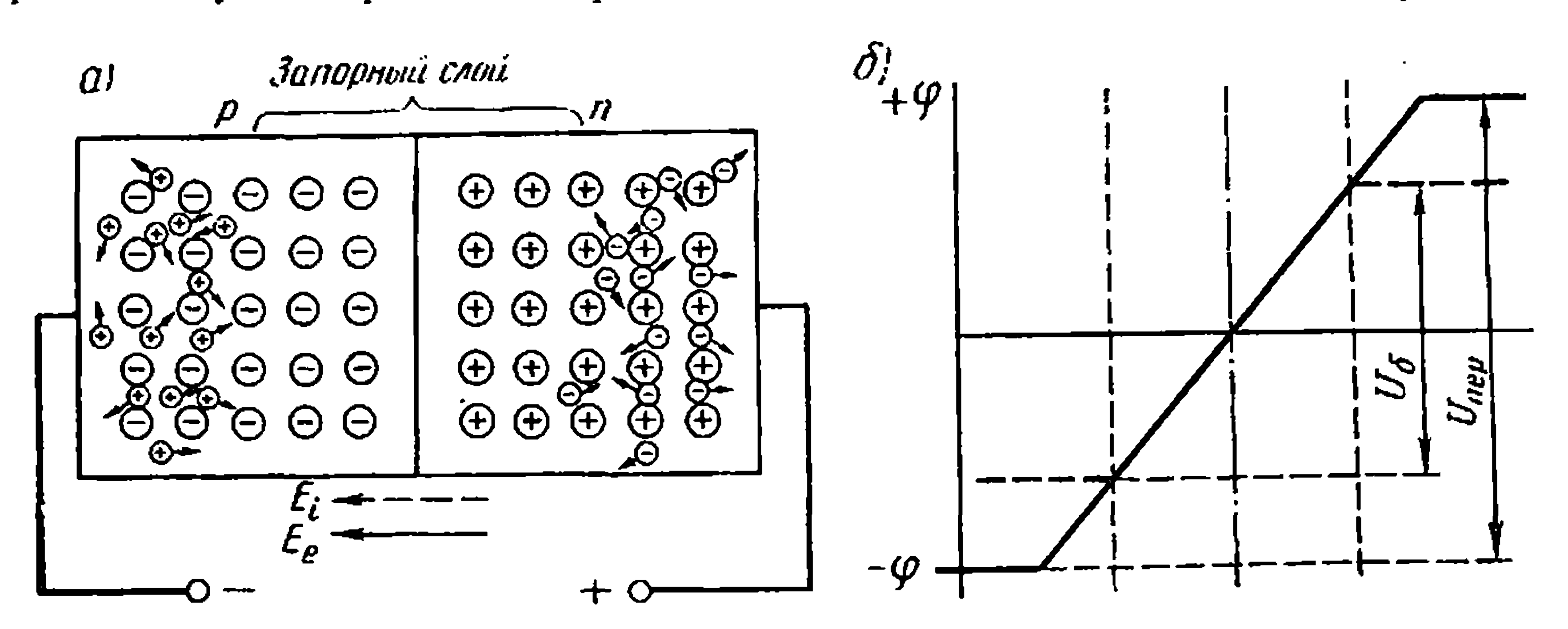


Рис. 21. Электронно-дырочный переход при внешнем электрическом поле, направленном из n-области в p-область (обратное направление):
а — схема движения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

и $U_б$ — потенциальный барьер при отсутствии внешнего поля. В результате этого увеличивается количество основных носителей, которые смогут преодолеть этот частично или полностью скомпенсированный потенциальный барьер. Дырки будут легко попадать в *n*-полупроводник, а электроны — в *p*-полупроводник, при этом они будут рекомбинировать с основными носителями заряда, уступая место новым прибывающим на их место электронам и дыркам. В результате в цепи начнет протекать электрический ток, величина которого будет определяться приложенным напряжением.

В этом случае достаточно приложить небольшое напряжение к *p—n*-переходу, чтобы получить большой ток, так как потенциальный барьер в *p—n*-переходе имеет величину от 0,35 В (для германия) до 0,66 В (для кремния). Включение внешнего напряжения к *p—n*-переходу плюсом к *p*-области, а минусом к *n*-области называется включением напряжения в прямом направлении.

При подключении напряжения к *p—n*-переходу плюсом к *n*-области, а минусом к *p*-области, как показано на рис. 21, силы внешнего электрического поля E_e будут действовать в направлении, совпадающем с направлением образовавшегося на границе *p—n*-перехода внутреннего электрического поля E_i. Под воздействием результирующего поля потенциальный барьер увеличивается и становится равным

$$U_{пер} = U_б + U.$$

В этом случае как дырки, так и электроны будут отходить от *p—n*-перехода; ширина запорного слоя увеличивается, а следовательно, его сопротивление также увеличивается. Ток основных носителей отсутствует, так как цепь для них практически разорвана очень большим сопротивлением запорного слоя. Незначительный ток, наблюдаемый при подаче обратного напряжения на *p—n*-переход, является током только неосновных носителей, обусловленных собственной проводимостью полупроводника. Однако величина этого, так называемого, обратного тока вентиля мала по сравнению с прямым током. Так, например, для кремниевых и германиевых вентилей обратный ток составляет от 3 мкА до 3 мА. Включение внешнего напряжения к *p—n*-переходу минусом к *p*-области, а плюсом к *n*-области называется включением напряжения в обратном направлении.

Из изложенного упрощенного описания процесса очевидно, каким образом в полупроводниках с *p—n*-переходом обеспечивается односторонняя проводимость, из-за чего они получили название «вентиль» (т. е. «клапан») или «диод» по аналогии с ламповыми электронными диодами.

Вольт-амперная характеристика вентиля. Основной характеристикой полупроводникового вентиля является зависимость тока $I_в$ в нем от приложенного к вентилю напряжения $U_в$. Из-за несимметрии электрических свойств *p—n*-перехода полупроводникового вентиля различают прямую и обратную ветви

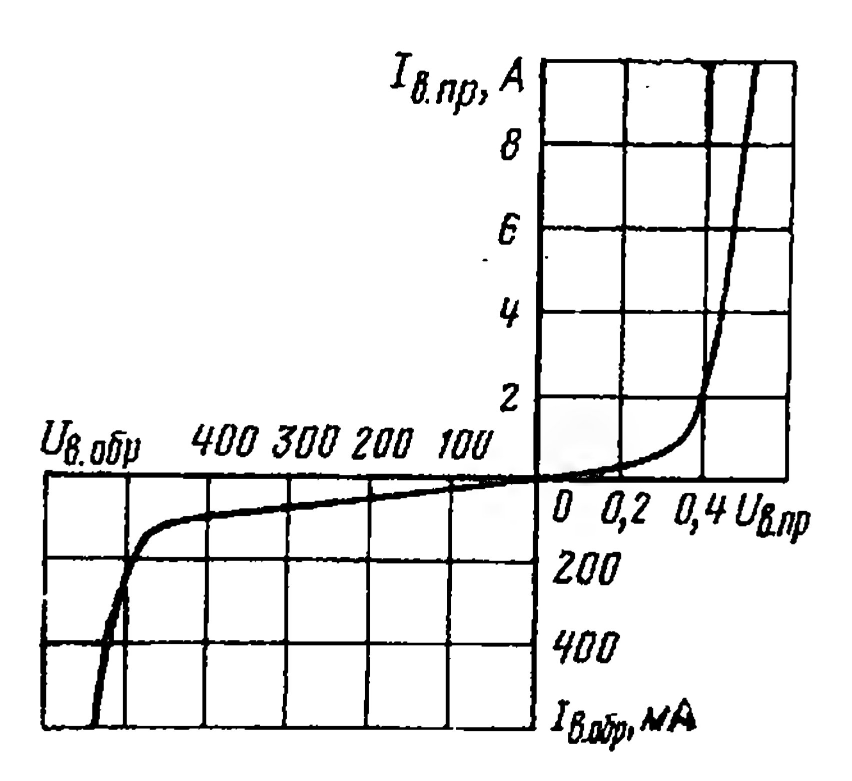


Рис. 22. Вольт-амперная характеристика полупроводникового вентиля

вольт-амперной характеристики, соответствующие работе вентиля в прямом и обратном направлениях. При этом току и напряжению в прямом направлении приписывают положительные значения, а в обратном — отрицательные.

Типичная вольт-амперная характеристика полупроводникового вентиля представлена на рис. 22. Прямая ветвь характеристики снимается по схеме, приведенной на рис. 23, *а*, обратная — по схеме, приведенной на рис. 23, *б*. На участке прямой ветви характеристики высокая проводимость вентиля наступает лишь после того, как прямое напряжение превысит контактную разность потенциалов *р—n*-перехода $U_{пер}$ (рис. 20). После этого крутизна характеристики резко возрастает, так как даже незначительное приращение напряжения вызывает резкое увеличение тока.

Зависимость обратного тока от обратного напряжения, соответствующая обратной ветви вольт-амперной характеристики, также нелинейна.

Вначале обратный ток нарастает сравнительно быстро, имея при этом малую величину. Но вскоре наступает явление насыщения и дальнейшее увеличение обратного напряжения не вызывает существенного роста обратного тока. Это объясняется крайне малым количеством неосновных носителей заряда, существовавших в полупроводнике. Лишь после достижения больших значений обратного напряжения обратный ток начинает возрастать в результате лавинообразного образования новых неосновных носителей заряда под действием высокой напряженности поля; если приложенное напряжение не снимается, то этот процесс заканчивается пробоем вентиля, выводящим его из строя.

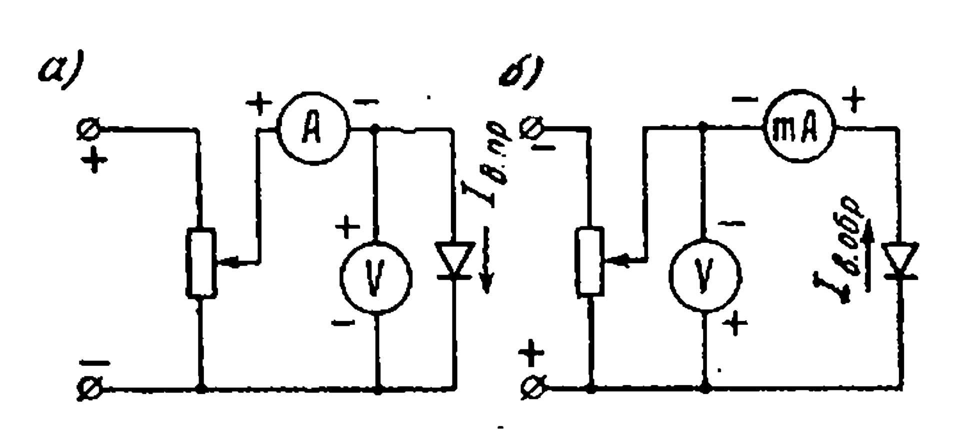


Рис. 23. Электрические схемы для снятия вольт-амперных характеристик вентиля на постоянном токе:
а — схема для снятия прямой ветви;
б — схема для снятия обратной ветви

На ход обратной вольт-амперной характеристики полупроводникового вентиля могут оказывать влияние также и токи, замыкающиеся по поверхности кристалла полупроводника, минуя *р-n*-переход. Эти токи называются поверхностными обратными токами и для некоторых типов вентилей, например кремниевых, достигают значительных величин, со-

измеримых с обратным током, текущим через объем *p-n*-полупроводника.

Вольт-амперная характеристика полупроводникового вентиля значительно изменяется с изменением температуры *p-n*-перехода (рис. 24).

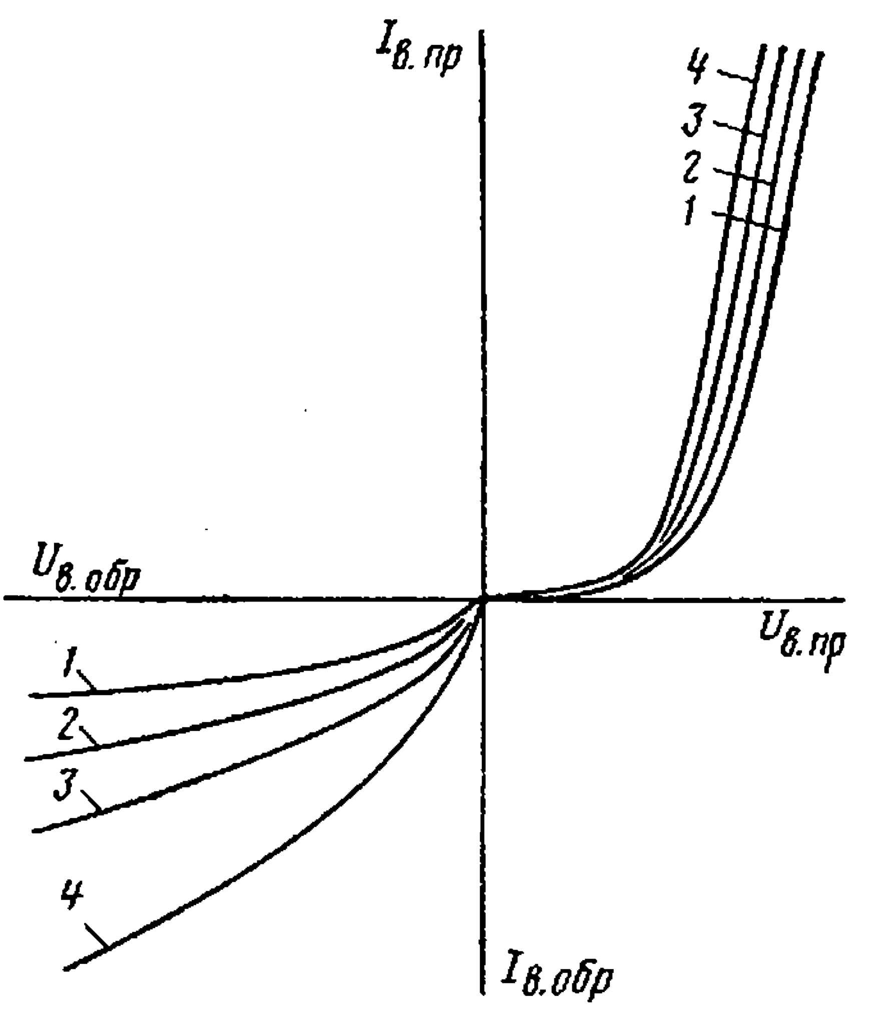


Рис. 24. Зависимость вольт-амперной характеристики вентиля от температуры *p—n*-перехода:

1 — при 20°С; 2 — при 40°С; 3 — при 60°С; 4 — при 80°С

Как показано на рис. 24, с увеличением температуры *p-n*-перехода обратный ток вентиля увеличивается, что объясняется быстрым ростом числа неосновных носителей заряда при увеличении температуры. Величина прямого падения напряжения на вентиле с увеличением температуры уменьшается, что объясняется увеличением числа основных носителей тока. Наоборот, с уменьшением температуры *p-n*-перехода прямое падение напряжения увеличивается и поэтому существует предел допустимой отрицательной рабочей температуры, равный — 40÷—60°С.

Различают три типа вольт-амперных характеристик: статическую, динамическую и классификационную.

Статическую характеристику снимают по точкам на постоянном токе раздельно в прямом и обратном направлениях по схемам, приведенным на рис. 23.

Динамическую характеристику снимают одновременно в прямом и обратном направлениях при приложении к вентилю синусоидального напряжения рабочей частоты по специальным схемам. Динамическую характеристику строят в мгновенных или средних значениях тока и напряжения.

Классификационную характеристику снимают по точкам раздельно в прямом и обратном направлениях на однополупериодном переменном токе частотой 50 Гц; прямую ветвь снимают при пропускании через вентиль однополупериодного синусоидального тока. Среднее за период значение прямого тока и напряжения фиксируют приборы магнитоэлектрической системы.

Обратную ветвь характеристики снимают при приложении к вентилю однополупериодного синусоидального напряжения.

При снятии обратной ветви классификационной характеристики определяют средние значения обратного тока в зависимости от максимального значения обратного напряжения (для германиевых и кремниевых вентилей) или от действующего значения обратного напряжения (для селеновых вентилей).

Следует помнить, что значение прямого падения напряжения, определяемого на постоянном токе, т. е. по статической характеристике, примерно в 2 раза больше, чем значение прямого падения напряжения по классификационной вольт-амперной характеристике. Соответственно значение обратного тока, определяемого по статической вольт-амперной характеристике, примерно в 2 раза больше значения обратного тока, определяемого по классификационной вольт-амперной характеристике. Из классификационной характеристики определяют следующие основные параметры, характеризующие полупроводниковые вентили:

Номинальную величину прямого тока	$I_{в.н.}$ А
Прямое падение напряжения при номинальном токе (среднее значение)	$\Delta U_{п.н.}$, В
Максимально допустимое значение обратного напряжения вентиля	$U_{обр.\,max}$, В
Обратную величину тока при максимально допустимом обратном напряжении (среднее значение)	$I_{обр.н.}$, мА
Максимальную частоту выпрямленного тока	f_{max}, Гц
» допустимую температуру нагрева корпуса вентиля	$t_{к\,max}$, °С
Максимальную допустимую температуру $p-n$-перехода .	$t_{p-n\,max}$, °С

2. Конструкции и параметры кремниевых вентилей

Для выпрямления тока автомобильных генераторов переменного тока и для работы в цепях регулирующих устройств применяют кремниевые вентили общепромышленного назначения, а также вентили специальной конструкции, предназначенные для автомобильных генераторов. Ниже дано краткое описание конструкций и характеристик указанных вентилей, а их параметры и эксплуатационные данные приведены в табл. 1.

Кремниевые вентили типа Д242. На рис. 25, *а* схематически показана конструкция кремниевого вентиля (диода) Д242-А общепромышленного назначения, применявшегося для выпрямления тока в автомобильном генераторе переменного тока типа Г250 (12 В, 40А).

В качестве электродов выпрямительного кристалла со стороны основания используют вольфрамовую прокладку, припаиваемую к кремниевой пластинке и защищающую ее от механических повреждений; вольфрам выбран вследствие близких значений температурных коэффициентов линейного расширения кремния и вольфрама.

Для обеспечения герметичности прибора корпус *2* и основание *1* сваривают по периметру, а пространство между корпусом и коваровым наружным выводом *3* заполняют (термическим способом) стеклом, образующим изолятор *5;* конец наружного вывода *3* в месте соединения с внутренним выводом *4* сваривают.

На рис. 25, *б* приведены вольт-амперные характеристики вентилей Д242-А, построенные в относительных единицах по прямо-

Таблица 1

Параметры кремниевых вентилей

Параметры	ВК310	Д242	Д242-А	Д242-АП	ВКДЧ-25	ВКДЧ-25-0	ВА20	ВК50	ВКД50	КД202-В	КД202-Г
Сила номинального прямого тока, А	10	5	10	10	25	25	20	50	50	3	1
Длительное значение прямого тока нагрузки, А	13	—	—	—	—	—	—	50	50	—	—
Максимальное обратное рабочее напряжение, В, не менее	100	100	100	100	150	150	150	150	150	100	100
Прямое падение напряжения при номинальном токе, В, не более	0,6	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	1,0	1,0
Сила обратного тока при максимальном обратном напряжении, мА, не более	3	3	3	3	5	5	3	1,0	1,0	1,0	1,0
Допустимая температура окружающей среды, °С, не ниже	— 50	— 60	— 60	— 60	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	-60^{+5}	$-60^{\pm 5}$
Максимальная допустимая температура корпуса вентиля при длительном прямом токе, °С	+ 130	+ 130	+ 130	+ 130	+ 130	+ 130	+ 150	+ 140 (перехода)	+ 140 (перехода)	+ 130	+ 130
Срок службы, ч	10 000	5000	5000	5000	10000	10000	8000	10000	10000	5000	5000

Продолжение табл. 1

Параметры	ВК310	Д242	Д242-А	Д242-АП	ВКДЧ-25	ВКДЧ-25-0	ВА20	ВК50	ВКД50	КД202-В	КД202-Г
Диаметр корпуса вентиля под запрессовку, мм	12,77±0,04	—	—	—	$15^{+0,25}_{+0,15}$	$15^{+0,25}_{+0,15}$	12,73— 12,8	—	—	—	—
Диаметр отверстия в теплоотводе (под запрессовку), мм	$12,66^{+0,019}$	—	—	—	$15^{+0,035}$	$15^{+0,035}$	12,64±0,02	—	—	—	—
Максимальный диаметр буртика, мм	16	—	—	—	—	—	16	—	—	—	—
Максимальная высота вентиля с выводом, мм	21 ± 0,5	—	—	—	35	35	18,8	—	—	37	37
Полярность на корпусе	Плюс	Плюс	Плюс	Минус	Плюс	Минус	—	Плюс	Плюс	—	—
Диапазон частоты тока, Гц	50 — 1200	50 — 1000	50 — 1000	50 — 1000			—	50 — 400	50 — 500	До 1200	До 1200
Усилие запрессовки вентиля в теплоотвод, кгс	100 — 500	—	—	—	Не более 1000	Не более 1000	100 — 500	—	—	—	—

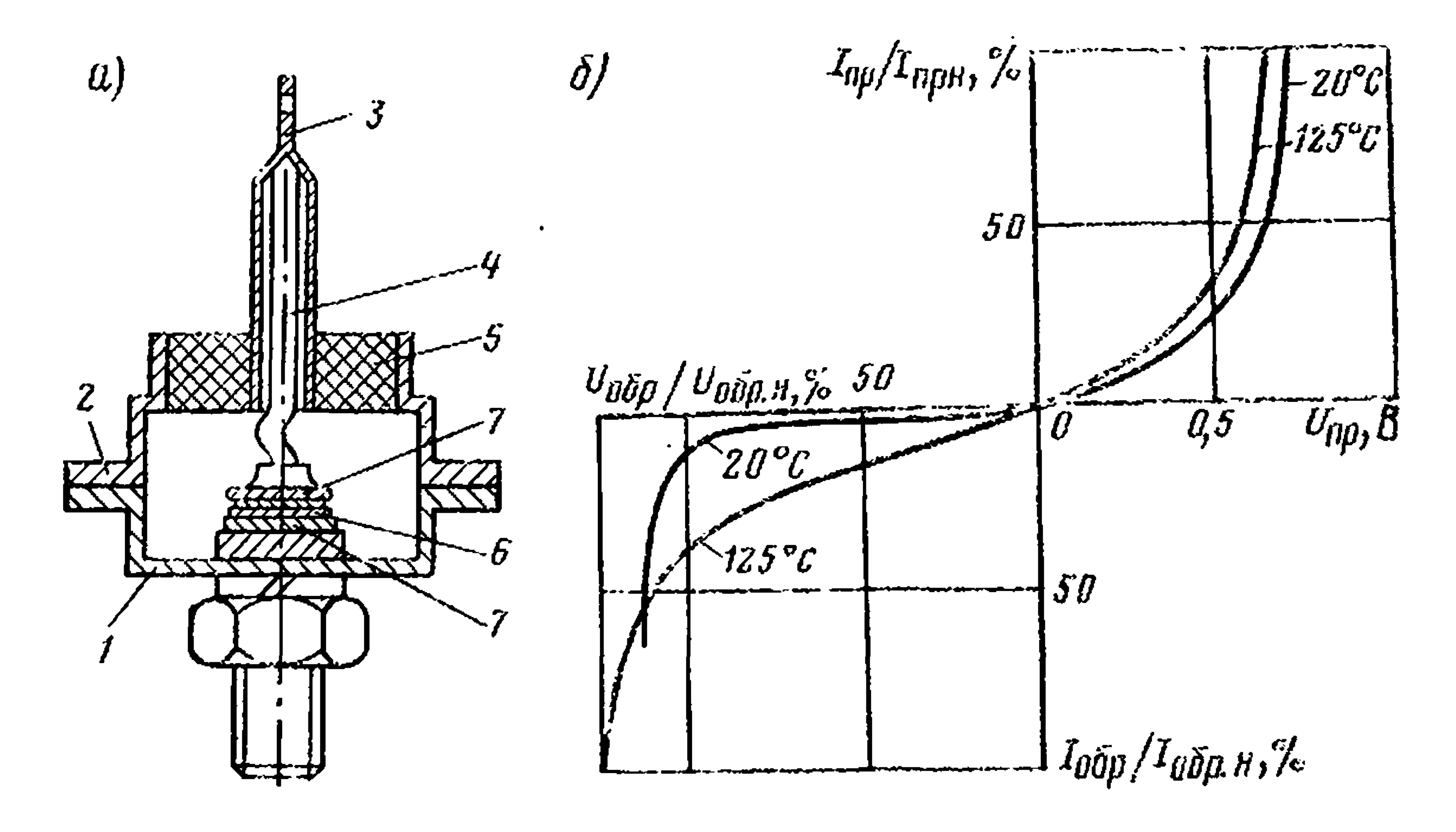


Рис. 25. Конструкция кремниевого вентиля Д242-А (*а*) и его вольт-амперные характеристики в относительных единицах (*б*):

1 — основание; *2* — корпус; *3* — наружный вывод; *4* — внутренний вывод; *5* — изолятор; *6* — кристалл кремния; *7* — прокладки из вольфрама

му и обратному току, а также по обратному напряжению; прямое падение напряжения дано в вольтах. Из приведенных характеристик следует, что с увеличением температуры значительно увеличивается обратный ток вентиля и уменьшается прямое падение напряжения, что объясняется увеличением числа основных носителей тока с повышением температуры. Поэтому повышение температуры корпуса вентиля выше допустимого значения 130°С опасно с точки зрения резкого увеличения обратного тока и возможного пробоя вентиля и, наоборот, уменьшение температуры ниже —60°С вызывает чрезмерное увеличение прямого падения напряжения в вентиле.

Для упрощения монтажа вентилей в теплоотводящих элементах выпрямителя отечественная промышленность выпускает два типа вентилей прямой и обратной полярности.

В вентилях прямой полярности (Д242-А) плюс выпрямленного тока — на корпусе. Направление тока обозначают на корпусе стрелкой, направленной от вывода к корпусу. В наиболее широко применяющейся в автомобильных генераторах схеме выпрямления А. Н. Ларионова три вентиля типа Д242-А монтируют на одном теплоотводе, имеющем знак «+», поэтому в практике вентили типа Д242-А называют вентилями положительной полярности.

В вентилях обратной полярности (Д242-АП) плюс выпрямленного тока будет на выводе. Направление тока обозначают на корпусе стрелкой, направленной к выводу. В схеме выпрямления А. Н. Ларионова три вентиля Д242-АП монтируют на теплоотводе, в данном случае на крышке генератора, имеющей знак «—»;

поэтому вентили типа Д242-АП называют вентилями отрицательной полярности.

В конструкциях автомобильных регуляторов напряжения применяют также кремниевый вентиль типа Д242, который отличается от вентилей типа Д242-АП, Д-242-А только по электрическим параметрам, а по размерам полностью идентичен с ними.

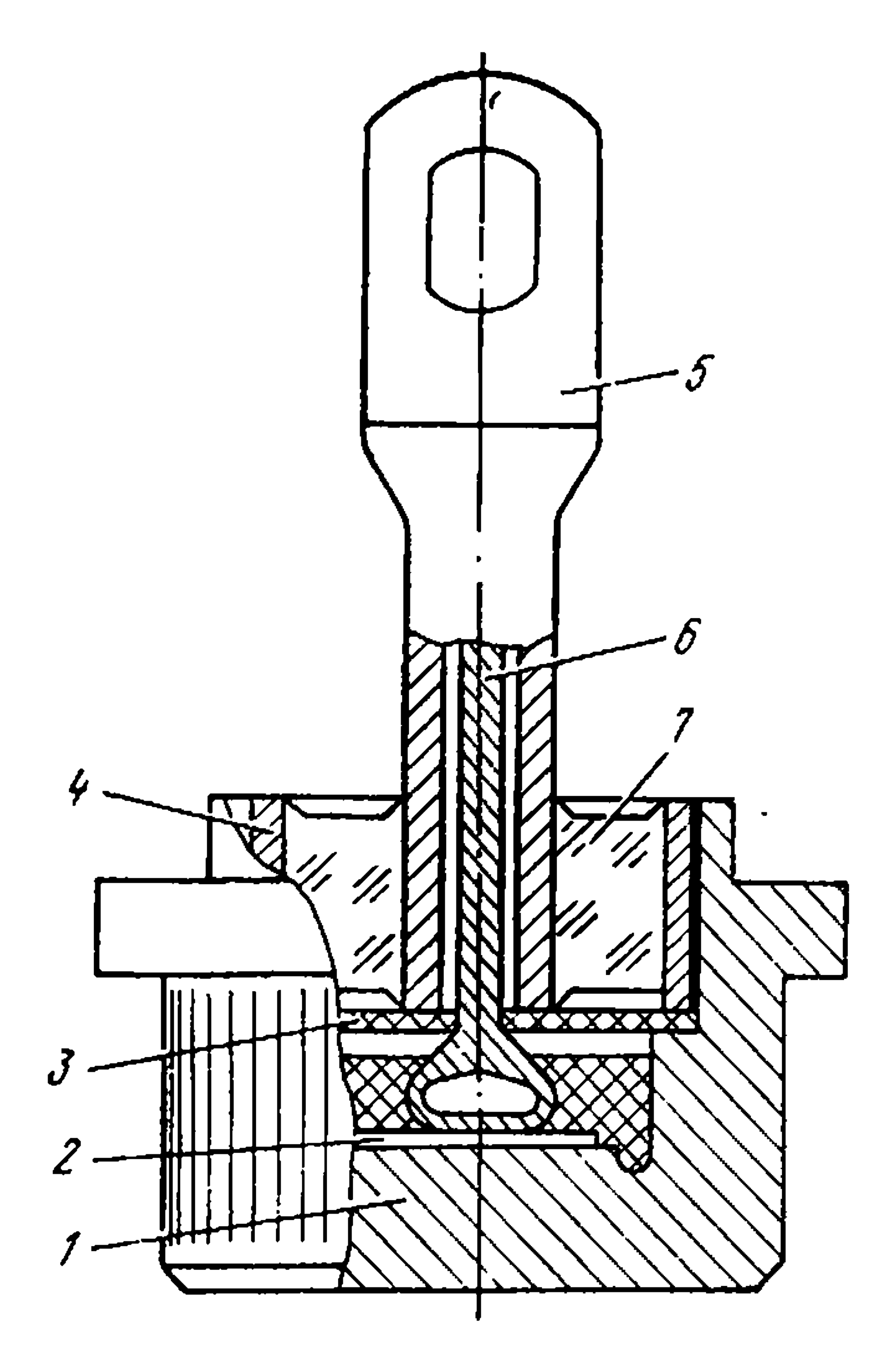


Рис. 26. Кремниевый вентиль ВК310:
1 — корпус; *2* — кристалл кремния; *3* — прокладка; *4* — коваровое кольцо; *5* — наружный вывод; *6* — внутренний вывод; *7* — герметизирующий изолятор

Кремниевые вентили ВК310 разработаны специально для автомобильных генераторов переменного тока и отличаются от вентилей типа Д242 в основном конструкцией корпуса, приспособленного для непосредственной запрессовки в теплоотводы. Вентиль ВК310 (рис. 26) состоит из цилиндрического корпуса *1* с внешней продольной накаткой для запрессовки в теплоотвод (охладитель), кристалла кремния *2*, припаянного к корпусу, прокладки *3*, коварового кольца *4*, наружного вывода *5*, внутреннего вывода *6* и герметизирующего изолятора *7*.

Вентили типа ВК310 предназначены для выпрямления переменного тока в диапазоне частот от 50 до 1200 Гц в условиях принудительного воздушного охлаждения. Вентили ВК310 выпускают в двух исполнениях с прямой и обратной полярностью корпуса.

Условное обозначение вентилей складывается из трех условных знаков: первый знак, состоящий из букв ВК, обозначает вентиль кремниевый; цифры обозначают: 3 — номер конструктивного исполнения вентиля; 10 — величину номинального прямого тока.

Вентили прямой и обратной полярности различаются внешне по цвету маркировки, наносимой краской на донышке корпуса. Вентили прямой полярности (положительные) помечают красной краской, а вентили обратной полярности (отрицательные) — черной краской.

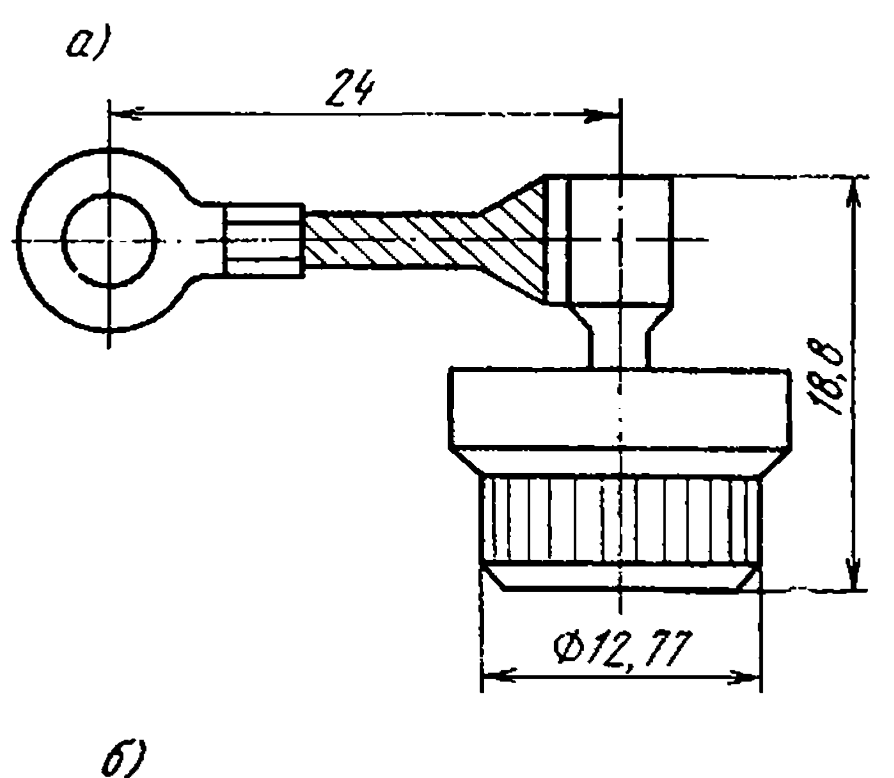
Кремниевые вентили типа ВА20 (рис. 27, *а*) разработаны для автомобильных генераторов переменного тока легковых автомобилей ВАЗ-2101 и отличаются от вентилей типа ВК310 параметрами, конструкцией вывода и способом соединения выво-

дов в схеме выпрямления тока генератора.

Вентили выпускают прямой и обратной полярности. Буквы и цифры в обозначении вентиля означают: ВА — вентиль кремниевый автомобильного типа; 20 — номинальное значение прямого тока.

Кремниевые вентили ВКДЧ-25 предназначены для выпрямления тока автомобильных и автобусных генераторов переменного тока мощностью 750—1200 Вт.

Вентили ВКДЧ-25 являются высокочастотными и конструктивно отличаются от вентилей ВК310 габаритами корпуса и выводом (рис. 27, *б*). Вентили ВКДЧ-25 выпускают также в двух исполнениях — с прямой и обратной полярностью корпуса. В вентилях прямой полярности на корпусе нанесена стрелка, показывающая направление прямого тока от вывода к корпусу. В вентилях обратной полярности на вентиль нанесена стрелка, показывающая направление тока от корпуса к выводу; кроме этого, на корпусе нанесена буква О.



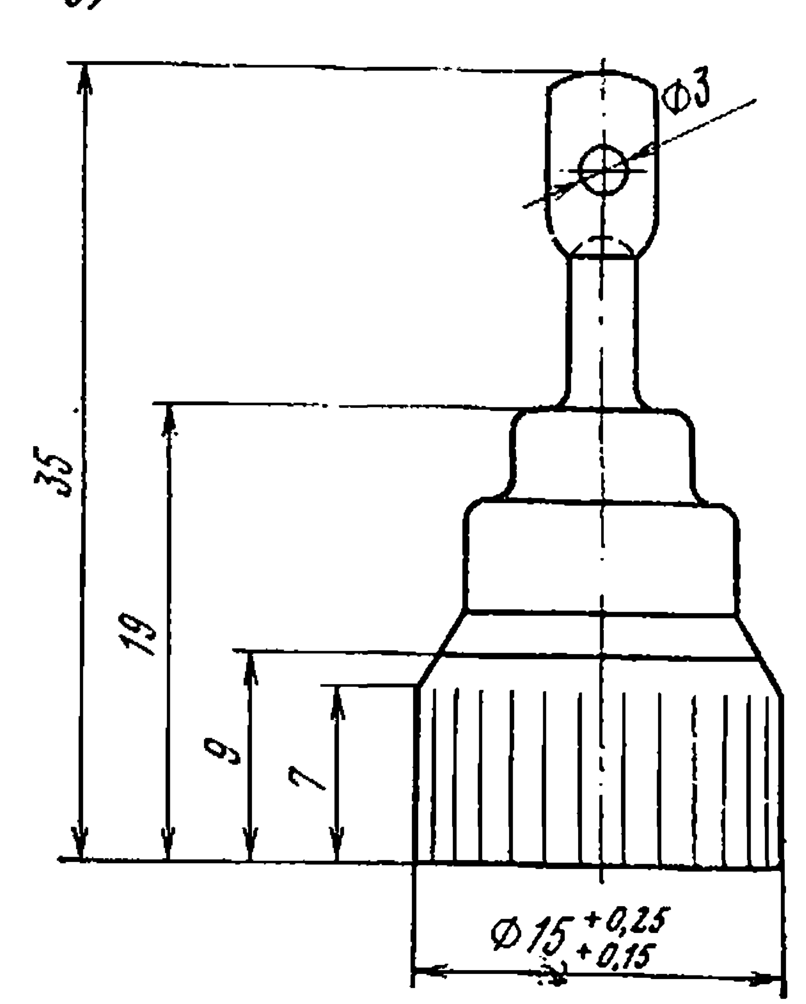


Рис. 27. Кремниевые вентили ВА20 (*а*) и ВКДЧ-25 (*б*)

Обозначение вентиля ВКДЧ-25: ВК — вентиль кремниевый; Д — диффузионный; Ч — частотный; 25 — величина номинального прямого тока.

Кремниевые вентили типа ВК50 и ВКД50 (рис. 28) выпускаются отечественной промышленностью для общетехнического применения и используются на автомобильных и автобусных генераторах переменного тока Г261 (Г290) мощностью 3500—4000 Вт.

Для защиты от влаги, загрязнения и механических повреждений вентильный элемент помещают в герметичном пространстве, образуемом корпусом, кожухом и изолирующей втулкой. Вентили ВК50 и ВКД50 монтируют в теплоотводы, ввертывая резьбовую часть хвостовика корпуса в теплоотвод. Вентили охлаждают принудительно потоком воздуха. При эксплуатации вентилей при повышенных температурах окружающей среды номинальное значе-

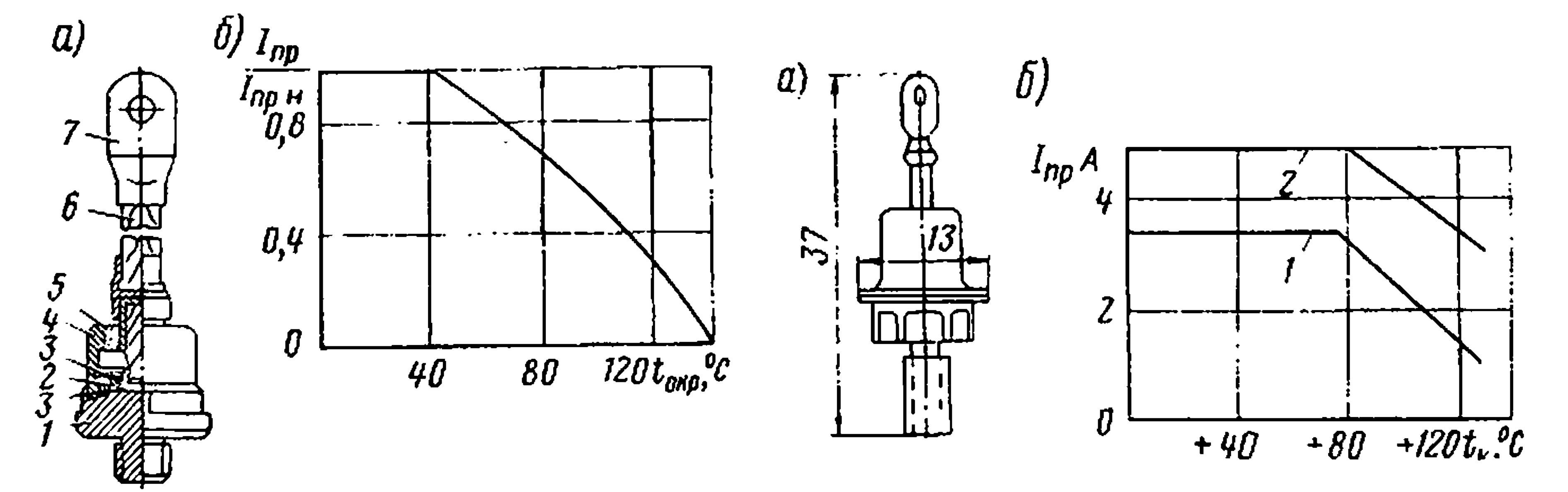


Рис. 28. Конструкция кремниевого вентиля типа ВКД50 (*а*) и зависимость прямого тока вентиля от температуры окружающей среды (*б*):
1 — медный корпус; *2* — выпрямительный элемент; *3* — термокомпенсирующие вольфрамовые пластины; *4* — кожух; *5* — изолирующая втулка; *6* — вывод; *7* — наконечник

Рис. 29. Кремниевый вентиль КД202 (*а*) и зависимость допустимого среднего значения прямого тока от температуры корпуса (*б*):
1 — для вентилей КД202-В; *2* — для вентилей КД202-Г

ние прямого тока выбирают в соответствии с кривой, приведенной на рис. 28, *б*.

Кремниевые вентили КД202. Высокочастотные кремниевые вентили типа КД202 (рис. 29, *а*) применяют в бесконтактном транзисторном регуляторе напряжения РР350 для автомобильных генераторов переменного тока Г250-Е и др.

Из кривых (рис. 29, *б*) следует, что до температуры 80°С на корпусе вентили КД202-Г допускают ток до 5А, вентили КД202-В — до 3,5 А; при температурах корпуса свыше +80°С прямой ток должен снижаться и при температуре +120°С составляет соответственно 3А и 1А.

В табл. 1 приведены характеристики кремниевых вентилей, описанных выше и применяемых в автомобильных генераторах переменного тока и регуляторах напряжения.

3. Конструкции кремниевых выпрямителей

Кремниевые силовые вентили автомобильных генераторов переменного тока, соединенные по схеме А. Н. Ларионова, образуют выпрямительное устройство (выпрямитель). Наибольшее распространение получили следующие три основные конструктивные схемы исполнения выпрямителей, состоящие из разнополярных вентилей.

К первой конструктивной схеме относятся выпрямители, состоящие из двух групп разнополярных вентилей, три из которых (отрицательной полярности) смонтированы в крышке генератора, а три вентиля (положительной полярности) — на изолированном теплоотводе (рис. 30, *а*). Выводы вентилей соединяют проводами между собой и с обмотками фаз генератора. Зажим «+» генератора выводят из изолированного теплоотвода, зажим «—» — от

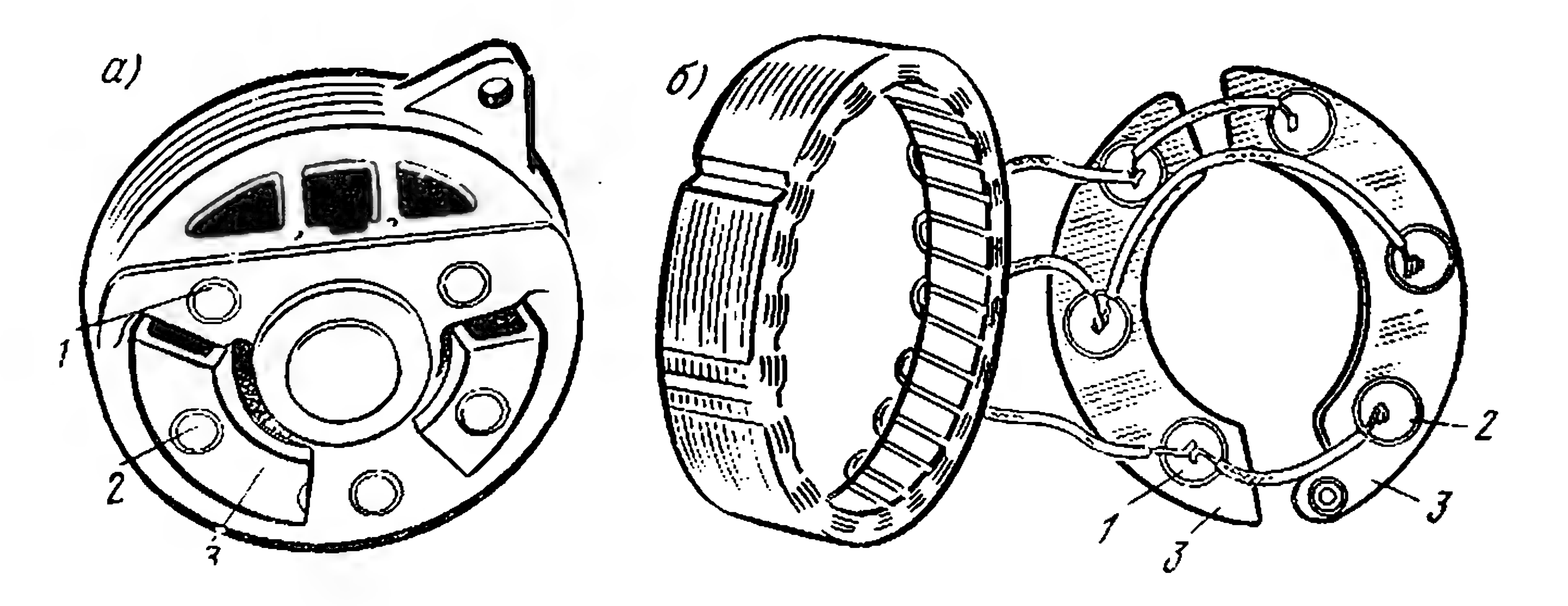


Рис. 30. Схемы размещения и монтажа кремниевых вентилей:

а — в крышке генератора и теплоотводящей пластине (теплоотводе); *б* — в двух теплоотводах;

1 — вентили отрицательной полярности; *2* — вентили положительной полярности; *3* — теплоотвод

крышки генератора. По такой конструктивной схеме были выполнены генераторы типа Г250 с вентилями Д242.

По второй конструктивной схеме (рис. 30, *б*) группы вентилей разных полярностей монтируют на двух теплоотводах, один из которых выводят к зажиму «+» генератора, а другой — к зажиму «—» генератора. По такой конструктивной схеме начали выполняться генераторы типа Г250 и другие с вентилями ВА20.

По третьей конструктивной схеме исполнения разнополярные вентили монтируют попарно на трех отдельных теплоотводах, одновременно выполняющих роль фазных выводов генератора и образующих выпрямительный блок (ВБ). Положительные выводы вентилей припаивают к одной сборной шине, являющейся выводом «+» генератора, а отрицательные выводы припаивают к другой сборной шине, являющейся выводом «—» генератора.

Автомобильный кремниевый выпрямительный блок типа ВБГ1 и ВБГ1-Б (рис. 31) состоит из трех отдельных моноблоков *1*, пластмассового основания *2*, на котором крепятся моноблоки и две соединительные шины *3* и *4* отрицательной и положительной полярности. Каждый моноблок состоит из алюминиевой отливки с

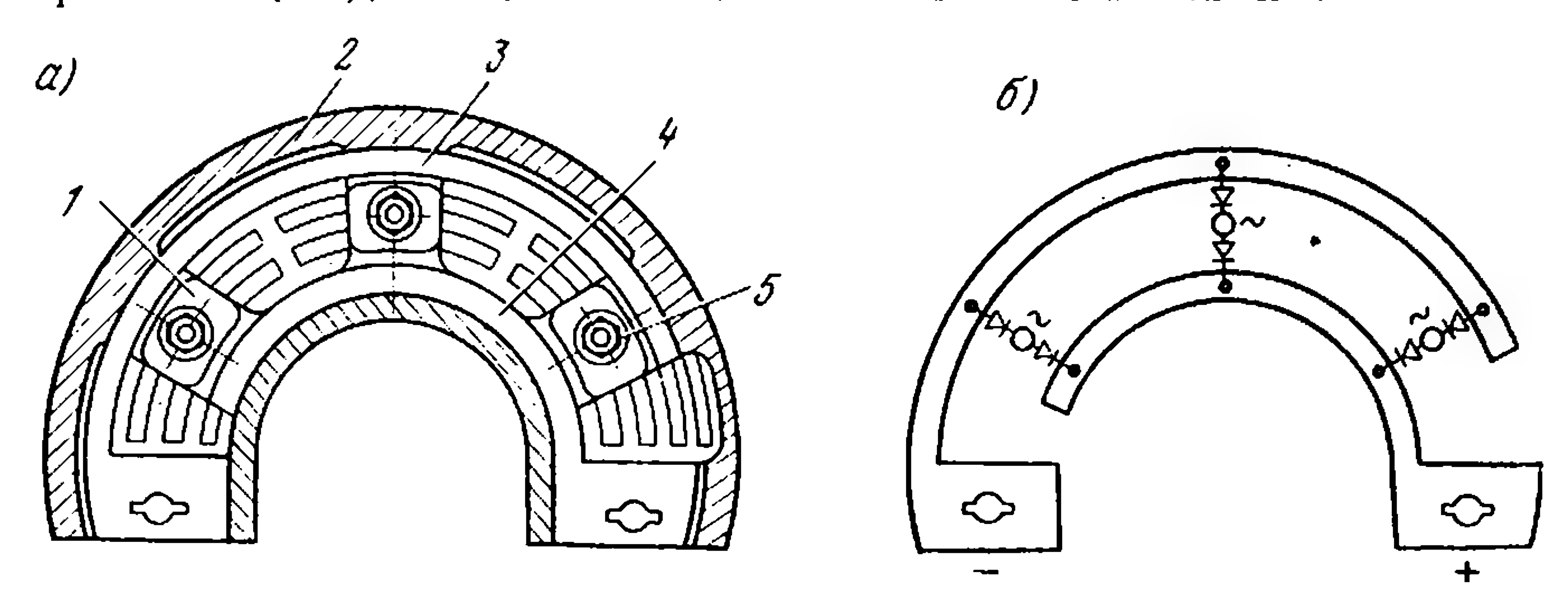


Рис. 31. Общий вид выпрямительного блока ВБГ1 (*а*) и его электрическая схема (*б*)

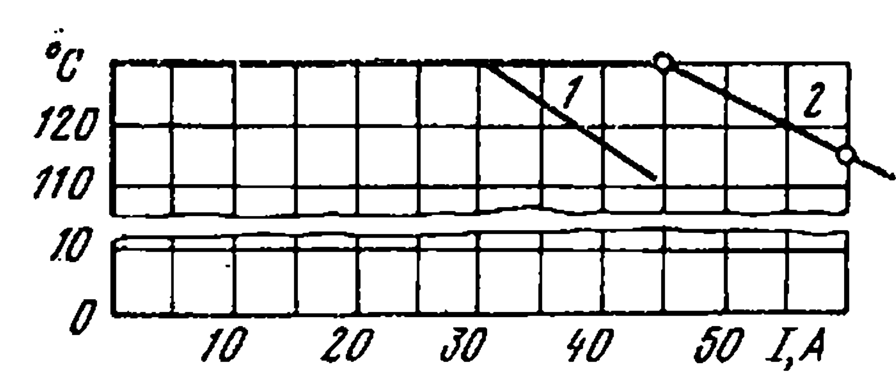


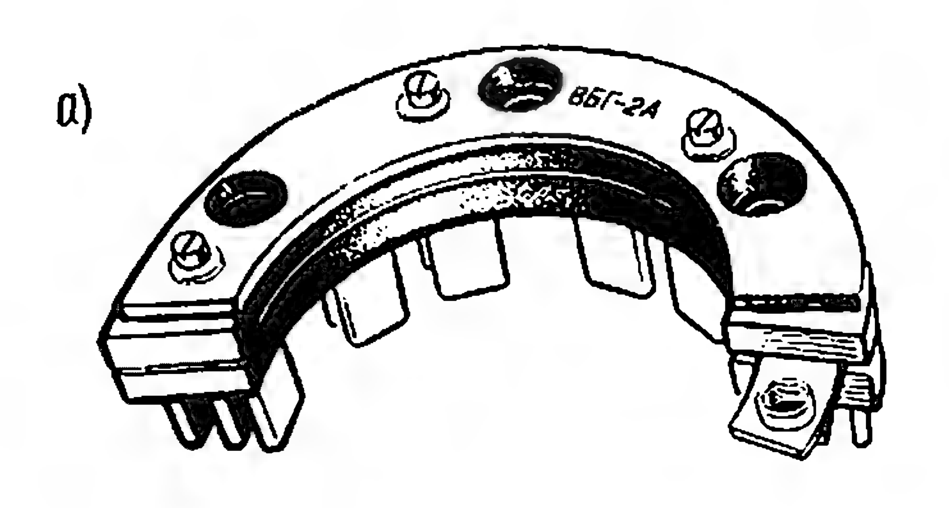
Рис. 32. Кривые предельно допустимых режимов работы:
1 — выпрямительных блоков ВБГ1; *2* — выпрямительных блоков ВБГ1-Б

охлаждающими ребрами (теплоотвода), внутри которой размещаются два кремниевых *p—n*-перехода, загерметизированные в своих ячейках и соответствующие двум вентилям в электрической схеме, изображенной на рис. 31, *б*.

Выводы *p—n*-переходов припаивают к сборным шинам. С противоположной от радиаторов стороны в каждый моноблок заливают болт *5*, служащий для соединения с концами фаз обмотки статора. Внутренние соединения вентильных *p—n*-переходов, болтов *5* и шин образуют трехфазную схему выпрямления А. Н. Ларионова. При такой конструкции значительно облегчается монтаж выпрямительного блока при сборке генератора, который сводится лишь к присоединению трех концов обмотки фаз к болтам *5* и затяжке выводных болтов генератора, проходящих через отверстия в соединительных шинах и служащих как в качестве выводов «+» и «—» генератора, так и для механического крепления блока в крышке генератора.

Блок ВБГ1-Б выполнен по конструктивной схеме блока ВБГ1 и отличается от него в основном более высоким значением выпрямленного тока.

На рис. 32 приведены кривые предельно допустимых эксплуатационных режимов работы выпрямительных блоков ВБГ1 и ВБГ1-Б, из которых следует, что в схеме трехфазного двухполупериодного выпрямления при температуре корпуса блока, равной 130°С, нагрузочные токи блока равны соответственно 30 и 45 А. При увеличении тока нагрузки до 45 и 60 А температура корпуса блока не должна превышать 115°С. В реальных условиях эксплуатации в генераторе блоки работают в режиме принудительного воздушного охлаждения и поэтому даже при максимально возможных нагрузках температура нагрева корпуса блоков не превышает 130°С.



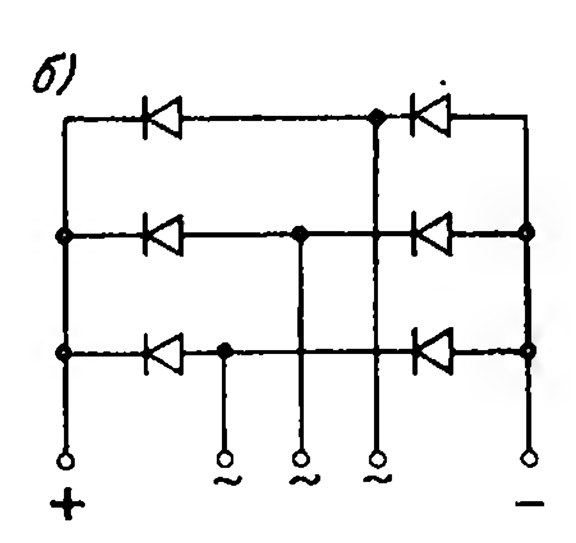


Рис. 33. Общий вид (а) и электрическая схема соединений (б) выпрямительного блока ВБГ2-А

Таблица 2

Параметры выпрямительных блоков автомобильных генераторов

Параметры	ВБГ1	ВБГ1-Б	ВБГ2-А	ВБГ6-Г	БПВ4-45	БПВ6-50	БПВ7-100
Номинальное напряжение, В	14,0 и 28,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Максимальный выпрямленный ток, А	45	60	30	100	45	50	100
Максимальная рабочая частота, Гц	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Масса, кг (не более)	0,22	0,22	0,135	0,55	0,15	0,15	0,4
Ресурс (90%), ч	8000	8000	6000	8000	8000	8000	10 000
Максимальная температура корпуса, °С при выпрямленном токе, А	130 30	130 45	130 20	150 80	150 45	150 50	150 100
Интервал температур окружающей среды, °С	От — 60 до + 75	От — 60 до + 75	От — 60 до + 75	От — 60 до + 70	От — 60 до + 80	От — 60 до + 80	От — 60 до + 80
Прямое падение напряжения при выпрямленном токе, В	0,75 ср При 10А	0,75 ср При10А	0,75 ср При10А	0,6 ампл. При 35А	1,7 ампл. При 20А	1,7 ампл. При 20А	1,7 ампл. При 35А
Максимальное обратное напряжение перехода, $В_{ср}$	100	100	100	150	150	150	150
Сила обратного тока перехода при максимальном обратном напряжении, мА	5,0 ср.	5,0 ср.	5,0 ср.	5,0 ср.	10,0 ампл.	10,0 ампл.	15,0 ампл.

Параметры выпрямительных блоков ВБГ1 и ВБГ1-Б приведены в табл. 2.

Для генераторов базовой модели Г502-А с максимальной мощностью 420 Вт выпускается выпрямительный блок ВБГ2-А (рис. 33).

В блоках ВБГ2-А используются унифицированные моноблоки из алюминиевого сплава, в каждом из которых расположены последовательно соединенные два полупроводниковых элемента, причем корпус моноблока является средней точкой. Изолированные между собой прокладкой токопроводящие шины блока ВБГ2-А располагаются одна над другой. Минусовая шина прилегает непосредственно к корпусу генератора.

Соединение средних точек выпрямительных цепочек с фазной обмоткой генератора осуществляется при помощи специальных болтов, проходящих через отверстия в моноблоке. Охлаждение осуществляется воздухом, обтекающим радиаторы блока, отлитые заодно с моноблоком.

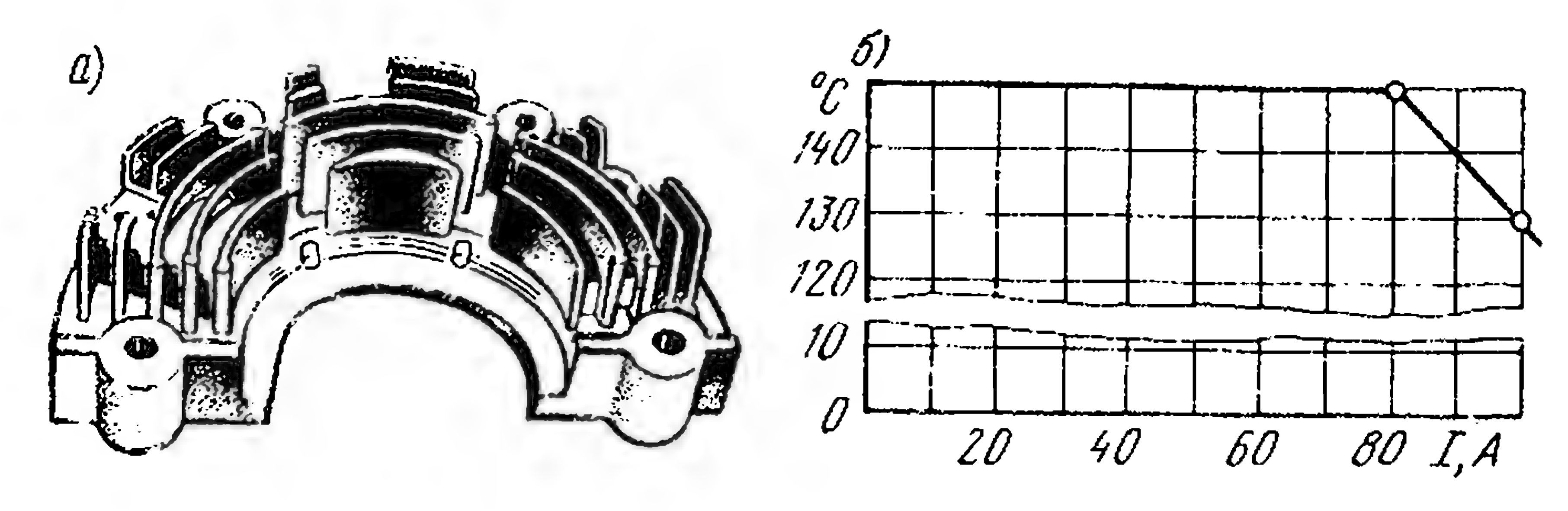


Рис. 34. Общий вид (*а*) и кривая (*б*) предельных допустимых режимов работы выпрямительного блока ВБГ6-Г

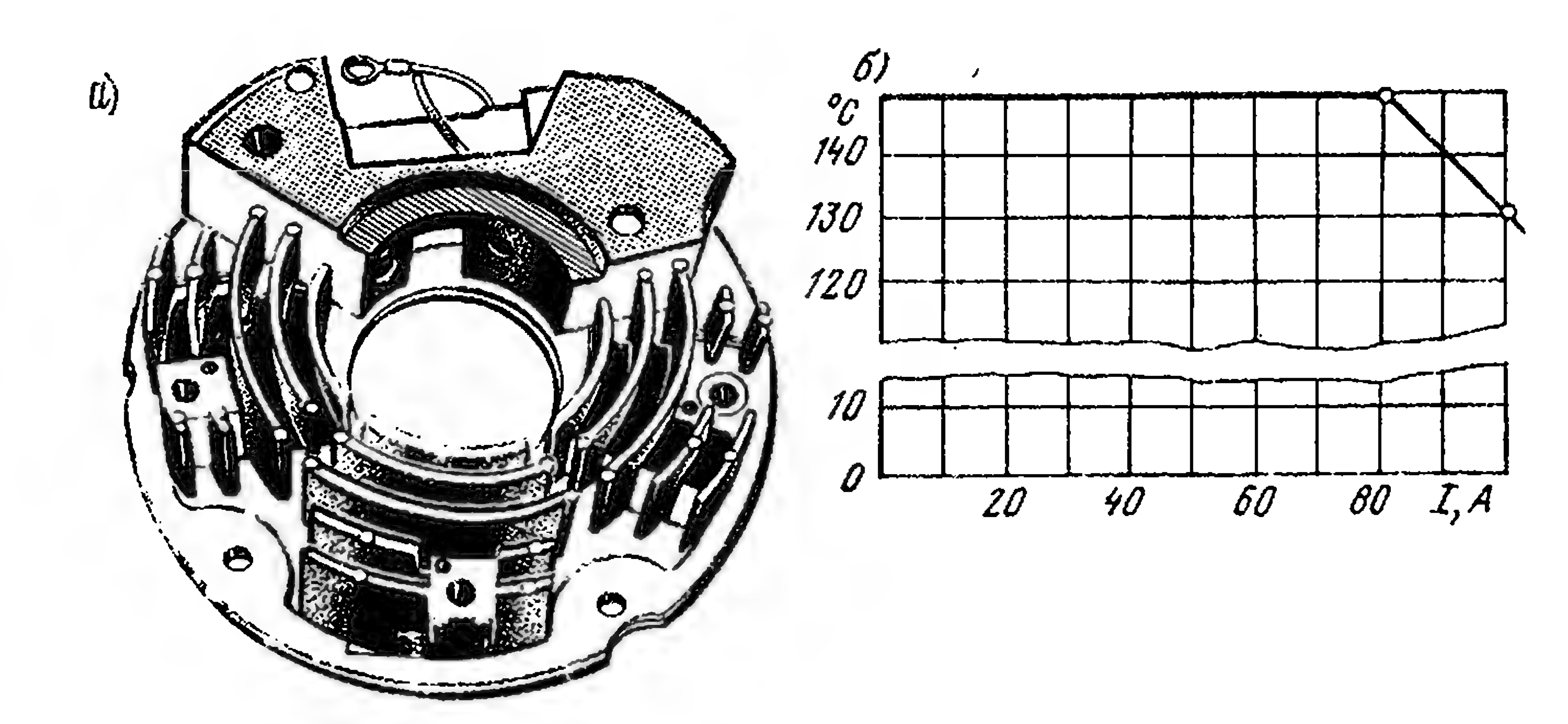


Рис. 35. Общий вид (*а*) и кривая (*б*) допустимых режимов работы выпрямительного блока ВБГ7-Г

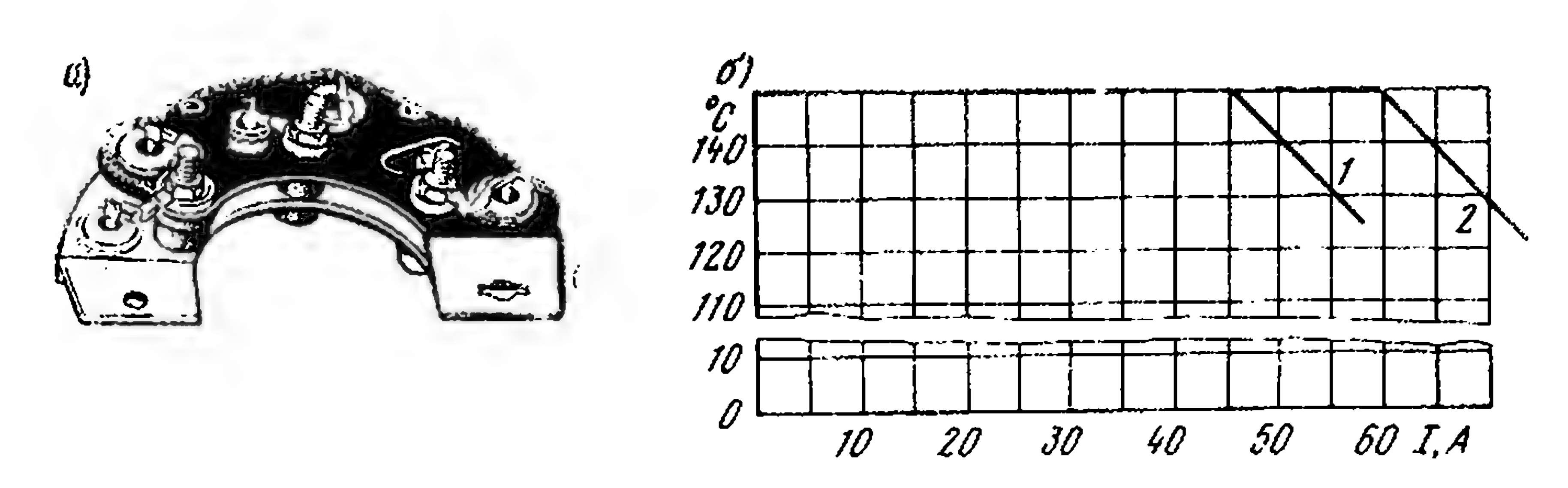


Рис. 36. Общий вид (*а*) выпрямительных блоков серии БПВ4 на кремниевых вентилях ВА20 и кривые (*б*) предельно допустимых режимов работы:
1 — блоков БПВ4-45; *2* — блоков БПВ4-60

Параметры блока ВБГ2-А приведены в табл. 2.

Для генераторов базовой модели Г286 выпускается выпрямительный блок ВБГ6-Г, общий вид которого и кривая предельных эксплуатационных нагрузок приведены на рис. 34.

Конструктивная и электрическая схема соединений выпрямительного блока ВБГ6-Г аналогичны блокам серии ВБГ1; различие между ними состоит в конструктивном оформлении и электрических параметрах, которые приведены в табл. 2.

Для генераторов базовых моделей Г287 и Г288 с максимальной мощностью до 1200 Вт выпускаются кремниевые выпрямительные блоки типа ВБГ7-Г (рис. 35). Электрическая схема блока ВБГ7-Г аналогична серии ВБГ1; для снижения уровня радиопомех в блоке смонтирован конденсатор емкостью 4,7 мкф, шунтирующий зажимы «+» и «—» генератора.

Параметры блока ВБГ7-Г такие же, как у ВБГ6-Г.

Для более полного удовлетворения потребности эксплуатации и производства автомобильных генераторов разработаны и выпускаются выпрямительные блоки сборной конструкции, в которых вентили запрессованы в теплоотводы, образующие положительный и отрицательный зажимы генератора.

На рис. 36 приведен общий вид кремниевого выпрямительного блока БПВ4-45, взаимозаменяемого по посадочным размерам с блоками ВБГ1 и ВБГ1-Б. В блоке БПВ4-45 по три кремниевых вентиля типа ВА20 запрессовывают в теплоотводы положительной и отрицательной полярности, изолированные друг от друга пластмассовыми втулками.

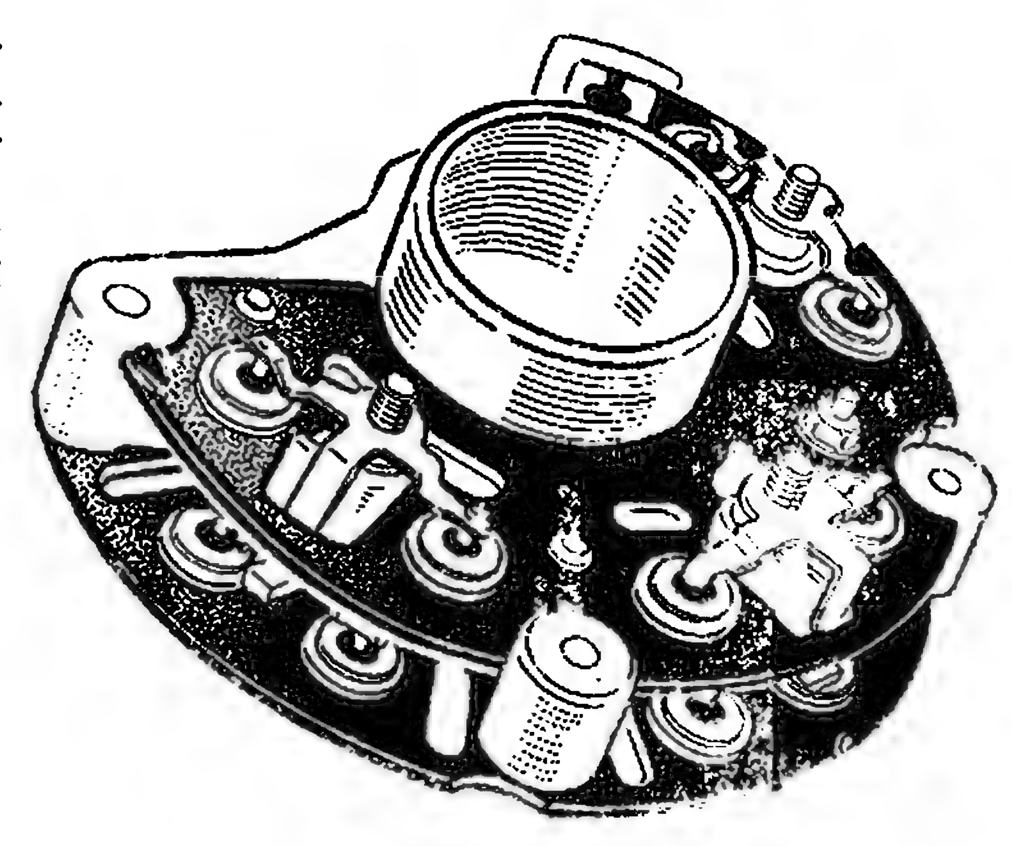
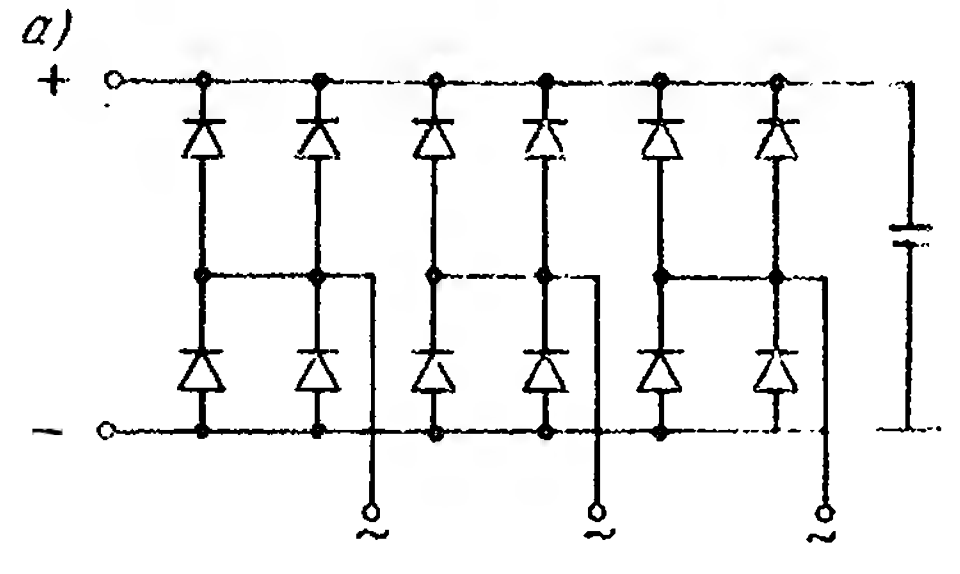


Рис. 37. Общий вид блока БПВ7-100 на кремниевых вентилях ВА20



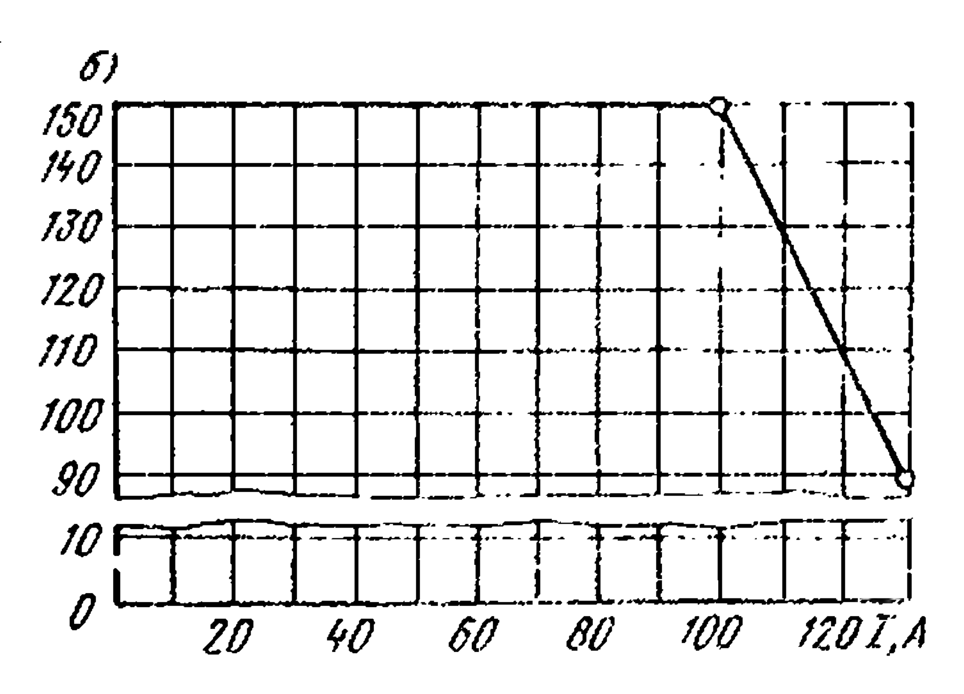


Рис. 38. Электрическая схема соединений (*а*) блока БПВ7-100 и кривая (*б*) предельных эксплуатационных нагрузок

В кремниевом блоке БПВ6-50, предназначенном для применения в генераторах переменного тока Г221 автомобилей ВАЗ, также используются вентили ВА20.

Основные параметры блоков БПВ4-45 и БПВ6-50 приведены в табл. 2.

Для генераторов мощностью до 1200 Вт разработаны и выпускаются блоки кремниевых вентилей БПВ7-100 (рис. 37).

Блок БПВ7-100 состоит из двух изолированных друг от друга теплоотводов, в которые запрессованы по шесть кремниевых вентилей ВА20 положительной и отрицательной полярности, соединенных по два параллельно в каждом плече двухполупериодного выпрямительного моста А. Н. Ларионова. Электрическая схема соединений блока БПВ7-100 и кривая предельных эксплуатационных нагрузок приведена на рис. 38.

Параметры блока БПВ7-100 приведены в табл. 2.

4. Кремниевые стабилитроны

Для работы в схеме стабилизации напряжения бесконтактного транзисторного регулятора напряжения используют так называемый стабилитрон или опорный диод типа Д808 (рис. 39, *а*). Стабилитрон оформлен в металлостеклянном герметичном корпусе с гибкими выводами. Кремниевый *р—n*-переход стабилитрона, получаемый специальным способом, обладает свойством значительного увеличения обратного тока как только обратное напряжение превышает некоторый предел, называемый напряжением стабилизации.

Основные параметры стабилитрона Д808 приведены ниже:

Напряжение стабилизации при токе 5 мА, В	7—8,5
Максимальная сила тока стабилизации при температуре от —55°С до +50°С, мА	33
То же, при температуре 100°С, мА	8
Прямое падение напряжения при токе 50 мА, В	1
Максимальная мощность, мВт:	
при температуре от —55°С до +50°С, мВт	280
» » 100°С, мВт	70
Срок службы, ч, не менее	5000

Из приведенных данных следует, что вольтамперная характеристика стабилитрона в прямом направлении также изменяется с изменением температуры корпуса стабилитрона; с увеличением температуры прямое падение напряжения в стабилитроне уменьшается.

Вольтамперная характеристика существенно отличается от характеристики обычного кремниевого вентиля. До определенной величины обратного напряжения, называемого напряжением стабилизации, увеличение обратного напряжения практически не приводит к появлению заметного обратного тока, и, следовательно, в этой области стабилитрон имеет весьма большое обратное сопротивление. При дальнейшем увеличении обратного напряжения имеет место пробой *р—n*-перехода и резкое увеличение величины обратного тока, следовательно, резко уменьшается сопротивление стабилитрона в обратном направлении. Этот процесс является об-

ратимым, т. е. при снятии напряжения или при его уменьшении ниже напряжения стабилизации свойства стабилитрона восстанавливаются. Указанное свойство стабилитрона используют для управления режимом работы транзистора в автомобильных бесконтактных регуляторах напряжения.

Рис. 39. Общий вид (*а*) и вольтамперные характеристики (б) стабилитрона Д808 при различных температурах окружающей среды (допустимая рабочая область указана скобками):

I — для температуры от —50°С до +50°С; *II* — для температуры 100°С

5. Транзисторы

Транзистор представляет собой кристалл, состоящий из областей, образующих два *p-n*-перехода, и имеет три выводных электрода: эмиттер — *Э*, базу — *Б* и коллектор — *К* (рис. 40). Переход между эмиттером и базой называют эмиттерным переходом, а переход между коллектором и базой — коллекторным.

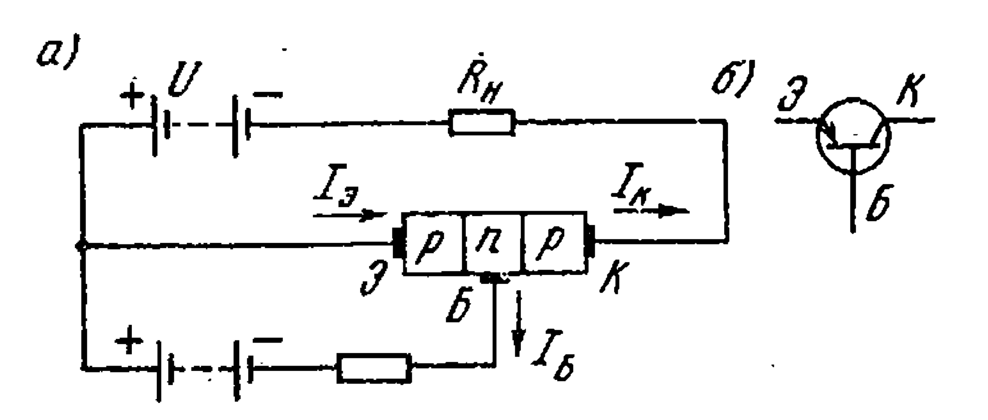


Рис. 40. Схема включения транзистора типа *р-п-р* (*а*) и его условное обозначение (*б*)

В зависимости от сочетания областей с различными проводимостями применяют транзисторы двух типов: *р—п—р* или *п—р—п*. У транзистора типа *р—п—р* эмиттер имеет положительную полярность по отношению к базе, а коллектор — отрицательную (рис. 40, *а*). У транзистора типа *п—р—п* полярность обратная. Условное обозначение наиболее широко применяемого в автомобильных регуляторах напряжения транзистора П4Б типа *р—п—р* дано на рис. 40, *б*.

Три области транзистора с разделяющими их двумя переходами по существу выполняют такие же функции, какие выполняют электроды в ламповом триоде. Эмиттер инжектирует (эмиттирует), как и катод в электронной лампе, заряды, являющиеся основными носителями тока в приборе. Коллектор, как и анод в электронной лампе, принимает эти заряды и таким образом поддерживает ток внутри прибора и во внешней цепи. Промежуточная область транзистора — база, как и сетка в электронной лампе, выполняет функции управляющего электрода, регулирующего величину потока зарядов, и тем самым управляющего значением тока, проходящего через транзистор.

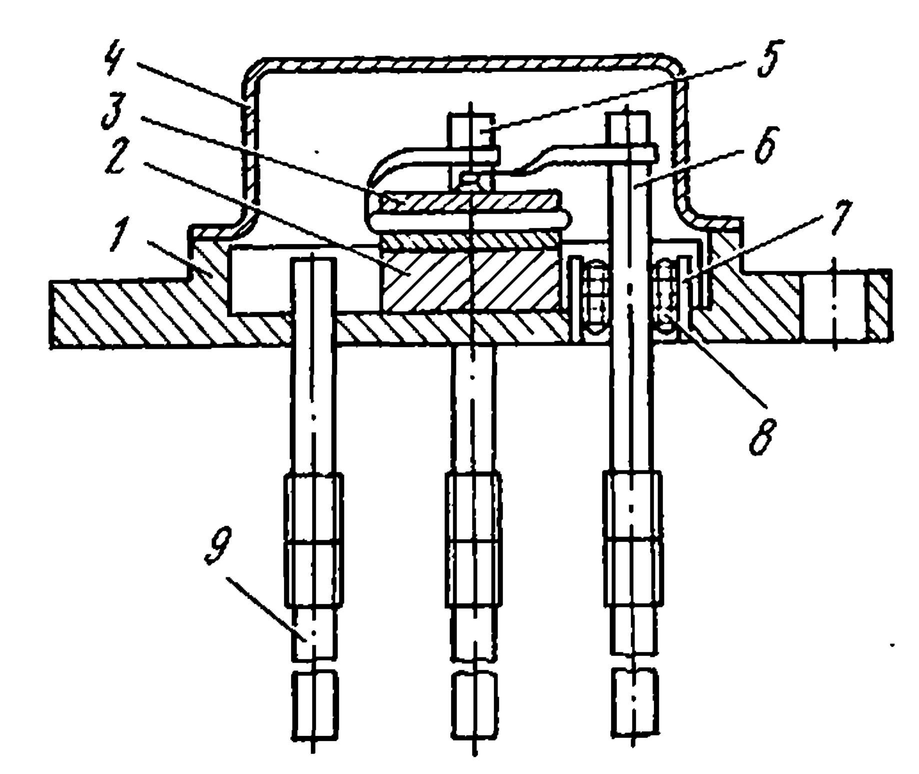


Рис. 41. Конструкция транзистора типа П4:

1 — корпус; *2* — вкладыш; *3* — кристалл германия; *4* — герметизирующая колба; *5* — вывод базы; *6* — вывод эмиттера; *7* — металлическая трубка; *8* — стеклянный изолятор; *9* — вывод коллектора

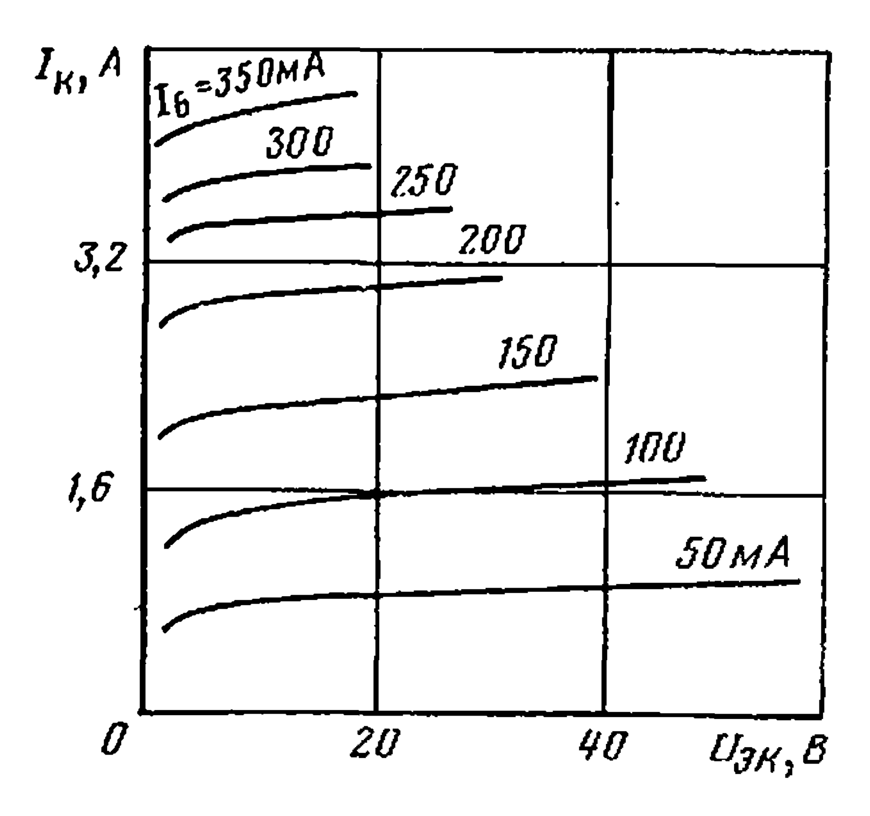


Рис. 42. Статические характеристики германиевого транзистора П4Б

Конструктивное исполнение транзисторов, выпускаемых в настоящее время, разнообразно. На рис. 41 приведено схематическое изображение конструкции транзистора типа П4, состоящего из стального корпуса (фланца) *1* с припаянным к нему медным вкладышем *2*, кристалла германия *3* с переходами, привариваемой к корпусу герметизирующей колбы *4* и электродов (базы *5*, эмиттера *6* и коллектора *9*). Коллектор транзистора соединен с корпусом транзистора через медный вкладыш. Наружные выводы изолированы от корпуса стеклянными изоляторами *8*, спаянными с корпусом посредством металлических трубок *7*.

Колба защищает кристалл от механических повреждений и одновременно облегчает отвод тепла от прибора. Тепло от прибора отводится в основном через корпус и специальный теплоотвод с развитой поверхностью.

Схема включения транзистора, представленная на рис. 40, *а*, называется схемой с общим эмиттером (так как эмиттер входит в цепь базы и в цепь коллектора). Транзисторы в цепях регулирования напряжения автомобильных генераторов используют в режимах усилителя тока обмотки возбуждения, и поэтому основной характеристикой их является коэффициент B усиления по току, который определяется при постоянном значении напряжения $U_{б.к}$ между базовым и коллекторным электродами.

$$B = \frac{I_к}{I_б},$$

где $I_к$, $I_б$ — токи, протекающие соответственно через коллекторный и базовый электроды транзистора.

В зависимости от напряжения на переходах транзистор может находиться в трех состояниях: открытом (состояние насыщения), закрытом (состояние отсечки) и промежуточном (активное состояние).

Таблица 3

Параметры транзисторов

Параметры	П4БЭ	П214В	П217	П302
Тип транзистора	Германиевый сплавной $p-n-p$			Кремниевый сплавной
Коэффициент усиления по току	15—40 при $U_к=10$ В; $I_к=2$ А	20 при $U_к=5$ В; $I_к=0,2$ А	15—40 при $U_к=3$ В; $I_к=2$ А	6—10
Падение напряжения на открытом транзисторе, В	0,5 при $I_к=2$ А $I_б=0,3$ А	2,5	0,5	—
Напряжение между коллектором и эмиттером, амплитудное значение, В	50	55	60	30—35
Сила тока коллектора, А	5	5	7,5	0,5
Диапазон рабочих температур, °С	От —60 до +70	От —60 до +70	От —60 до +70	От —50 до +85
Тепловое сопротивление, град/Вт	2	4	—	10
Максимальная мощность, рассеиваемая в транзисторе, Вт	30	—	24	1 (без теплоотвода)
Максимальная температура перехода, °С	90	80	85	120
Срок службы, ч	5000	5000	5000	5000

В открытом состоянии внутреннее сопротивление транзистора минимально и составляет десятые доли ома. Это состояние обеспечивается в том случае, когда напряжение к переходам приложено в прямом направлении, т. е. напряжение между эмиттерным и базовым электродами $U_{э.б}>0$ и напряжение между базовым и коллекторным электродами $U_{б.к}>0$.

В закрытом состоянии внутреннее сопротивление транзистора в 1000 раз больше, чем в открытом состоянии. Это состояние обеспечивается в случае, когда к переходам приложено напряжение в обратном направлении, т. е. $U_{э.б}<0$ и $U_{б.к}>0$.

В активном состоянии внутреннее сопротивление транзистора изменяется в широких пределах от десятых долей ома до нескольких тысяч ом. Это состояние обеспечивается в случае, когда к эмиттерному переходу напряжение приложено в прямом направлении, т. е. $U_{э.б}>0$, а к коллекторному переходу — в обратном направлении.

Для иллюстрации усилительных качеств транзистора на рис. 42 приведена основная статическая характеристика германиевого транзистора П4Б, снятая для схемы с общим эмиттером при температуре воздуха, окружающего прибор, +20°С. По оси абсцисс

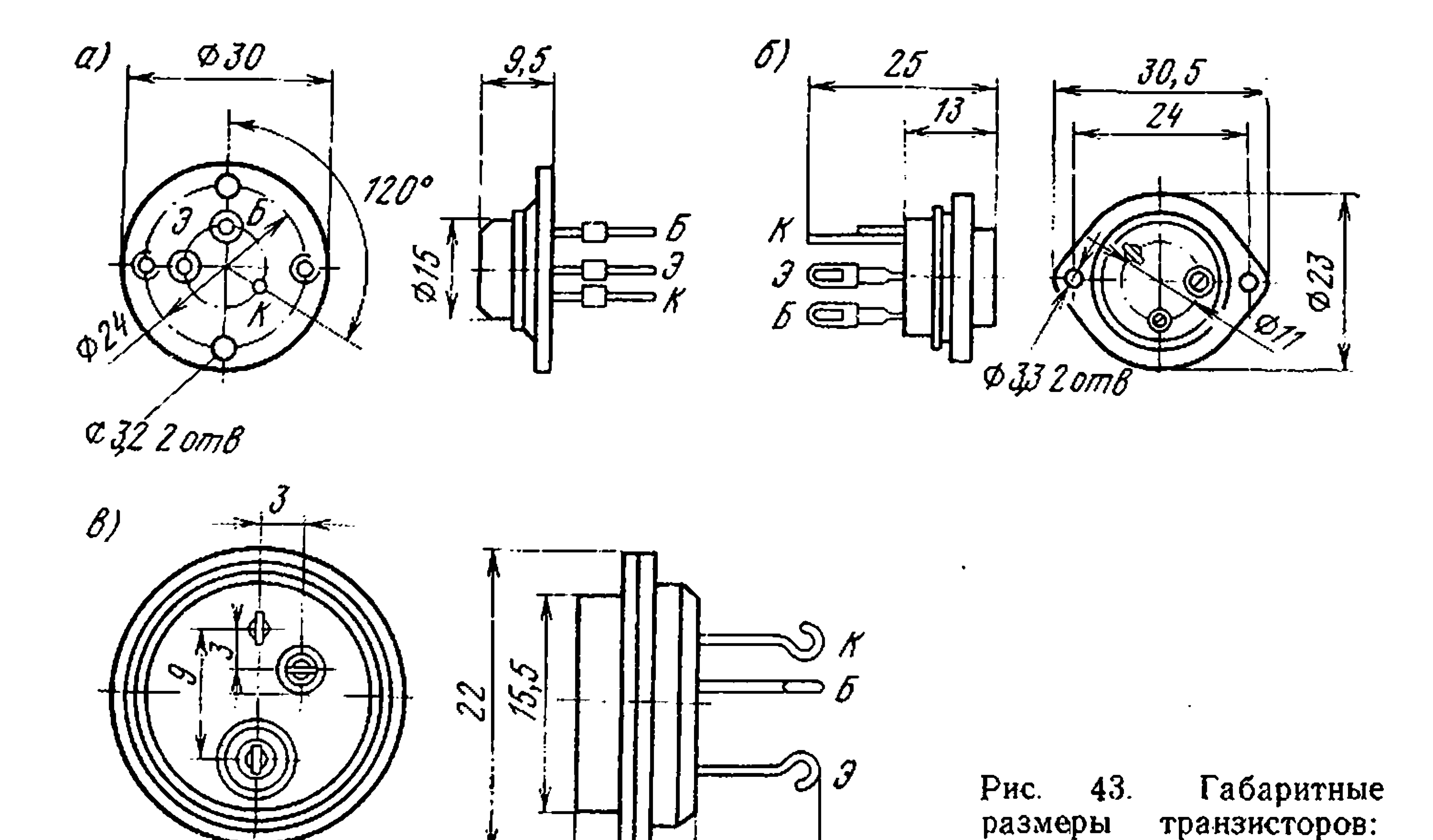


Рис. 43. Габаритные размеры транзисторов: *а* — П4Б; *б* — П214В и П217В; *в* — П302

откладывают напряжение эмиттер—коллектор $U_{э.к}$ в вольтах, а по оси ординат ток коллектора в амперах.

Из характеристики видно, что, например, при напряжении $U_{э.к} = 10$ В, и при токе базы 50 мА ток коллектора равен 0,8 А. Если при том же напряжении увеличить ток базы с 50 мА до 250 мА, то ток коллектора становится равным примерно 3,5 А; при этом коэффициент усиления по току равен 14—16.

Основные параметры транзисторов, применяемых в настоящее время в автомобильных регуляторах напряжения, приведены в табл. 3, а размеры — на рис. 43.

Параметры, характеризующие тепловой режим транзисторов, позволяют определить режимы работы транзисторов при различных условиях эксплуатации. Важным параметром транзисторов является максимально допустимая температура перехода $t_п$, где происходит выделение основной части рассеиваемой электрической мощности.

Связь между температурой перехода $t_п$ и температурой корпуса $t_к$ транзистора определяют зависимостью:

$$t_п = t_к + PR_{Т\,п-к},$$

где $R_{Тп-к}$ — тепловое сопротивление участка: переход — корпус транзистора, измеряемое в градусах на ватт выделяемой в транзисторе мощности P.

Во всех случаях применения тепловой режим транзисторов выбирают таким, чтобы радиаторы (теплоотводы) обеспечивали такую температуру корпуса, при которой температура перехода не превышала бы допустимого значения, приведенного в табл. 3.

Глава III

УСТРОЙСТВО ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Типы и основные характеристики генераторов переменного тока

Все типы генераторов можно разбить на группы:

по номинальному напряжению 14 В и максимальному току самоограничения 30 А. Основной тип Г502;

по номинальному напряжению 14 В и максимальному току самоограничения 42 А. Основной тип Г221;

по номинальному напряжению 14 В и максимальному току самоограничения 45 А. Основной тип Г250;

по номинальному напряжению 28 В и максимальному току самоограничения 30 А. Основной тип Г271;

по номинальному напряжению 14 В и максимальному току самоограничения 80 А. Основной тип Г287;

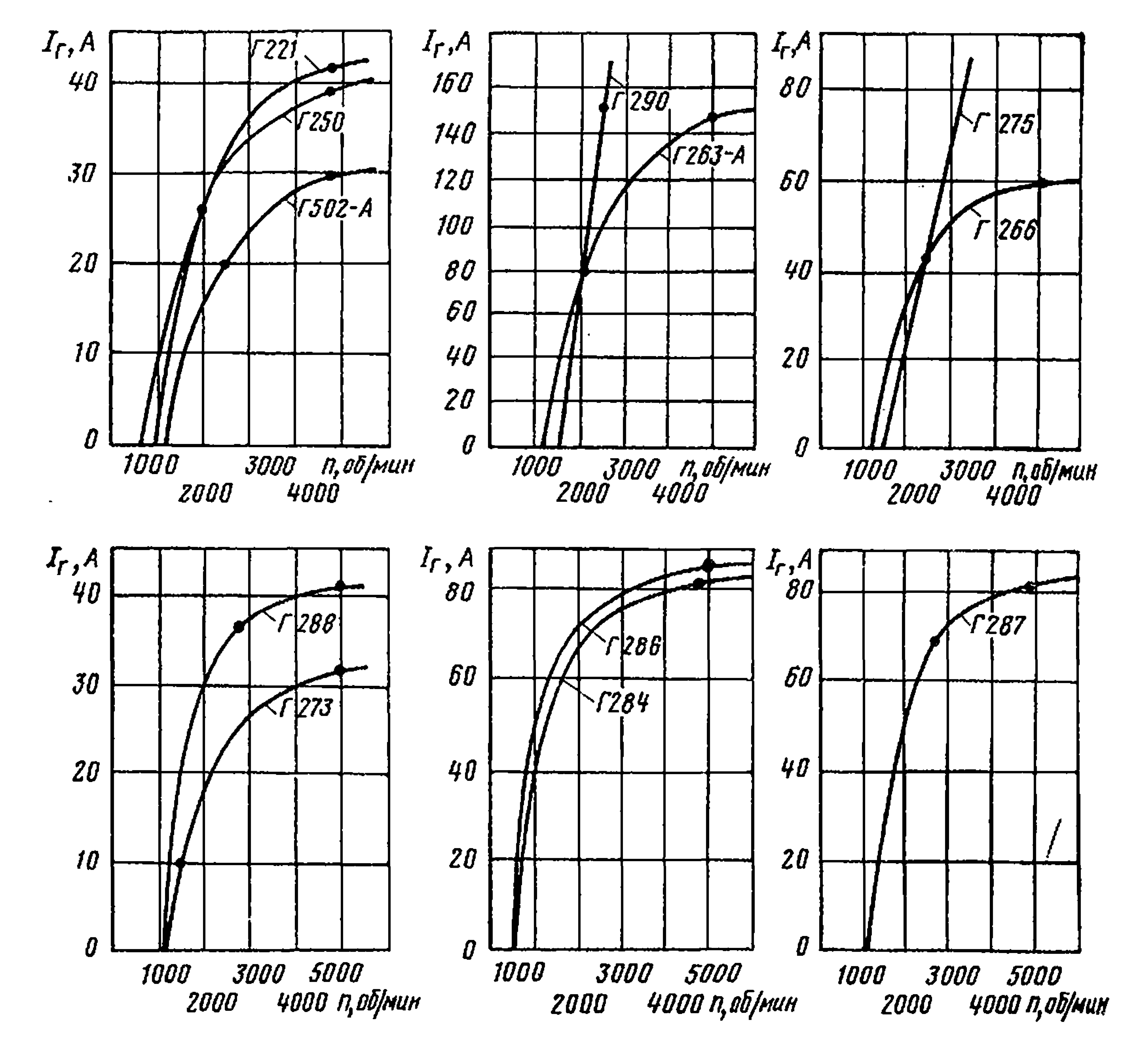


Рис. 44. Токоскоростные характеристики автомобильных генераторов переменного тока в холодном состоянии при независимом возбуждении

по номинальному напряжению 28 В и максимальному току самоограничения 40 А. Основной тип Г288;

по номинальному напряжению 14 В и максимальному току самоограничения 85 А. Основной тип Г286;

по номинальному напряжению 28 В и максимальному току самоограничения 150 А. Основной тип Г290 (с ограничителем тока).

Типы генераторов и марки автомобилей, автобусов и тракторов, на которых их устанавливают, приведены в приложении 1.

Технические характеристики генераторов при независимом возбуждении в холодном состоянии приведены в прилож. 2.

Токоскоростные характеристики показаны на рис. 44.

2. Генератор Г502-А

Для автомобиля «Запорожец» применяют генератор Г502-А номинальным напряжением 14 В, максимальным током 30 А и мощностью 420 Вт. Генератор Г502-А имеет встроенный выпрямительный блок ВБГ-2 и работает в комплекте с регулятором РР310.

Двигатель автомобиля «Запорожец» имеет воздушное охлаждение, и генератор устанавливают в направляющем аппарате вентиляционного устройства двигателя. На валу генератора крепится рабочее колесо вентилятора системы охлаждения двигателя со шкивом.

Пакет статора *1* (рис. 45) набран из пластин электротехнической стали Э11 толщиной 1 мм. На внутренней поверхности статора имеется 18 пазов, равномерно расположенных по окружности. В пазах размещена трехфазная катушечная обмотка *2*, соединенная в звезду. Число пазов на полюс и фазу $q=0{,}5$. Концы фаз обмотки статора соединяются с выпрямительным блоком. Катушки в пазах от выпадания удерживаются текстолитовыми клиньями.

Ротор *3* генератора состоит из вала, на который напрессована стальная втулка с намотанной на нее обмоткой *4* возбуждения. Обмотку возбуждения изолируют от втулки кабельной бумагой. С торцов обмотку защищают изолировочными шайбами, а по наружному диаметру — бандажируют хлопчатобумажной лентой.

Втулку с обмоткой возбуждения и полюса (клювы) крепят на валу при помощи запрессовки на накатку. Также на накатку запрессовывают втулку с контактными кольцами. Концы обмотки возбуждения припаивают к контактным кольцам. Вывод обмотки возбуждения, идущий к крайнему контактному кольцу, изолирован от вала фибровым клином, смазанным клеем БФ-4.

Обмоточные данные генератора Г502 и других типов приведены в прилож. 3.

Крышка *7* со стороны контактных колец отлита из алюминиевого сплава. Типы шарикоподшипников, применяемых в генераторах, указаны в прилож. 4.

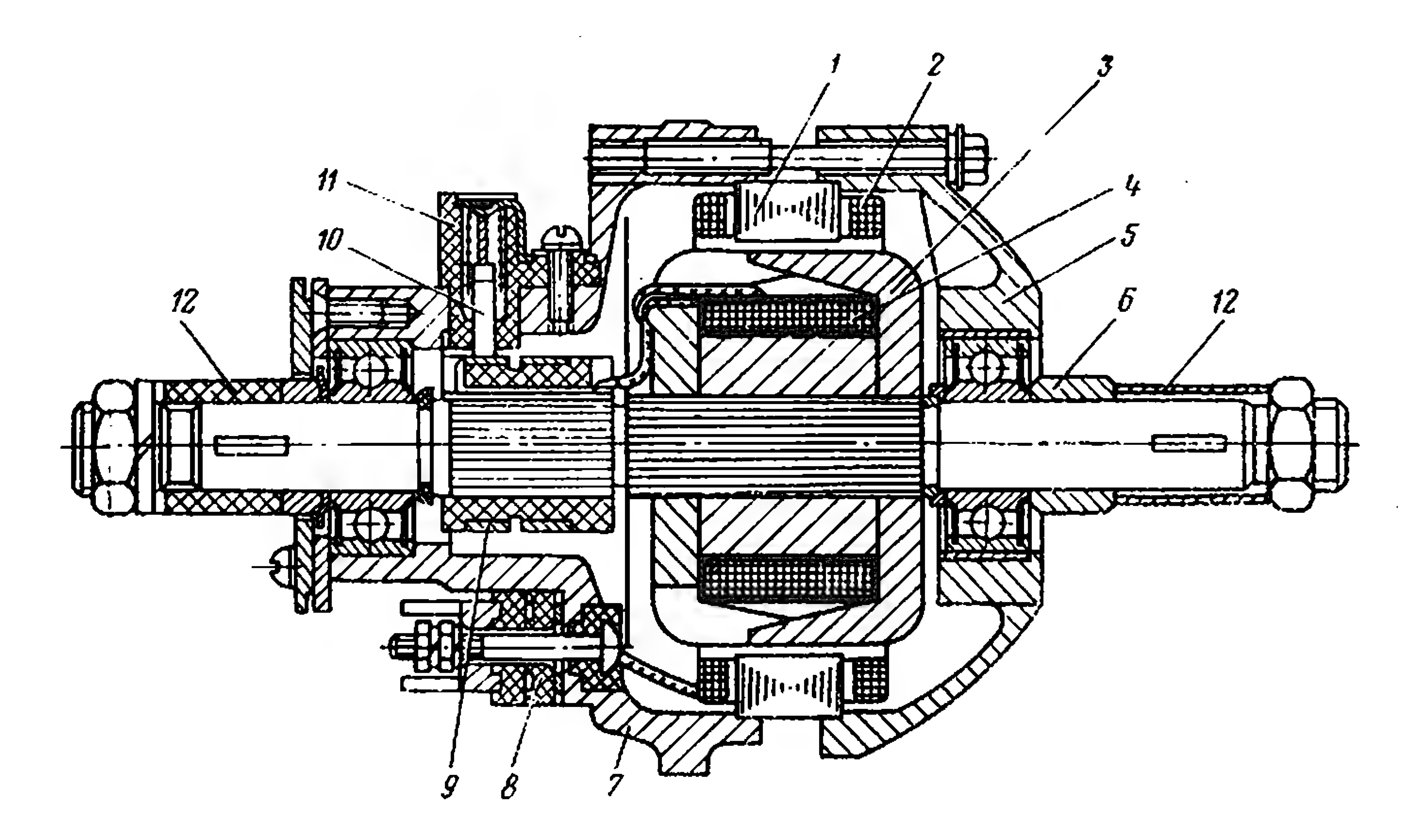


Рис. 45. Генератор Г502-А:

1 — статор; *2* — обмотка статора; *3* — ротор; *4* — обмотка возбуждения; *5* — крышка; *6* — втулка стальная; *7* — крышка со стороны контактных колец; *8* — выпрямительный блок; *9* — контактные кольца; *10* — щетка; *11* — щеткодержатель; *12* — транспортировочные втулки

На крышке со стороны контактных колец крепят выпрямительный блок *8*. Зажимы выпрямительного блока служат для подключения генератора в электрическую схему. Изолированные от крышки болты, к которым подсоединяют фазные обмотки статора, одновременно служат для крепления блока на крышке генератора. В крышках имеются отверстия для вентиляции. Для улучшения охлаждения крышка *5* со стороны привода имеет обтекаемую форму. Для предохранения свободных концов вала от повреждения при транспортировке на них надевают бумажные втулки *12*.

3. Генератор Г221

На автомобили «Жигули» устанавливается генератор Г221 номинальным напряжением 14 В, максимальным током 42 А, мощностью 580 Вт.

Генератор Г221 (рис. 46) имеет встроенный выпрямитель на вентилях ВА20 и работает в комплекте с регулятором РР380.

Пакет статора *1* набран из пластин электротехнической стали Э11 толщиной 1 мм, соединенных при помощи сварки. На внутренней поверхности пакета статора имеются 36 пазов, равномерно расположенных по окружности.

Трехфазная обмотка *2* статора размещена в пазах полузакрытой формы. Обмотка распределенная, двухслойная, с числом пазов на полюс и фазу $q=1$; фазовые обмотки соединены в звезду с

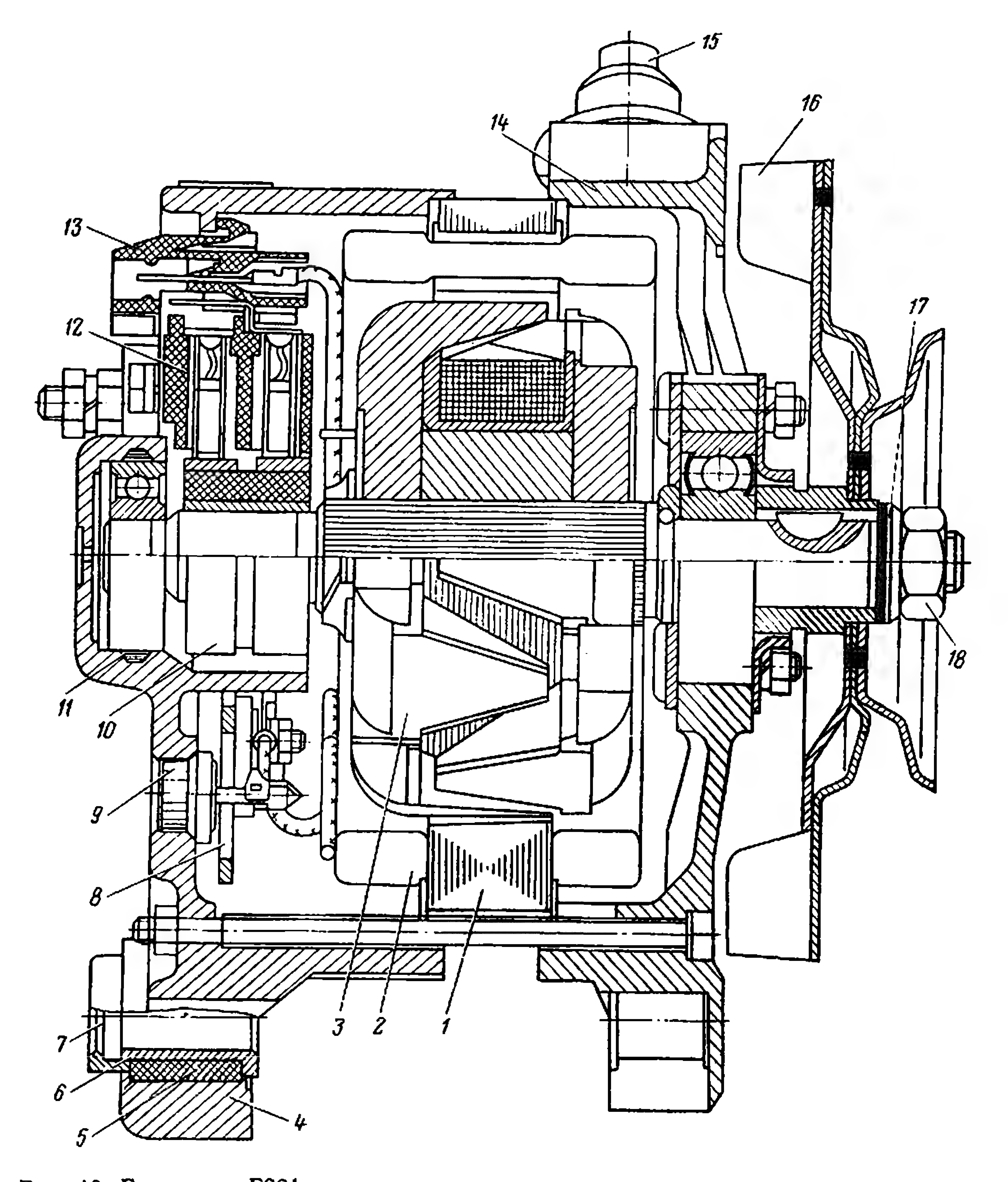


Рис. 46. Генератор Г221:

1 — статор; *2* — обмотка статора; *3* — полюса (клювы); *4* — крышка со стороны контактных колец; *5* — резиновая втулка; *6* — стальная втулка; *7* — нажимная втулка; *8* — теплоотвод; *9* — вентиль ВА-20; *10* — контактные кольца; *11* — резиновое кольцо; *12* — щеткодержатель; *13* — штеккерный вывод; *14* — крышка со стороны привода; *15* — болт; *16* — вентилятор; *17* — шкив; *18* — гайка

нулевым выводом. Схема соединения с выпрямителем — трехфазная, мостовая, с выводом нулевой точки (рис. 47).

Наконечник нулевого провода вставляют в штеккерное соединение *13* (см. рис. 46), расположенное на крышке. Цифры 67 и 30 (см. рис. 47) указаны на крышке и являются условными обозначениями соответственно вывода обмотки возбуждения и зажима «+» выпрямителя.

Ротор генератора *3* (см. рис. 46) состоит из вала с накаткой, на которой напрессованы втулка с обмоткой возбуждения, полюса (клювы) и контактные кольца.

Обмотка возбуждения намотана на пластмассовый каркас; концы обмотки выведены в отверстия, проделанные в чашке полюсов и изолированные пластмассовыми втулками. Концы обмотки возбуждения соединяют с проводниками, идущими от контактных колец *10* на пластмассовой колодке, напрессованной на вал и плотно прилегающей к чашке полюсов.

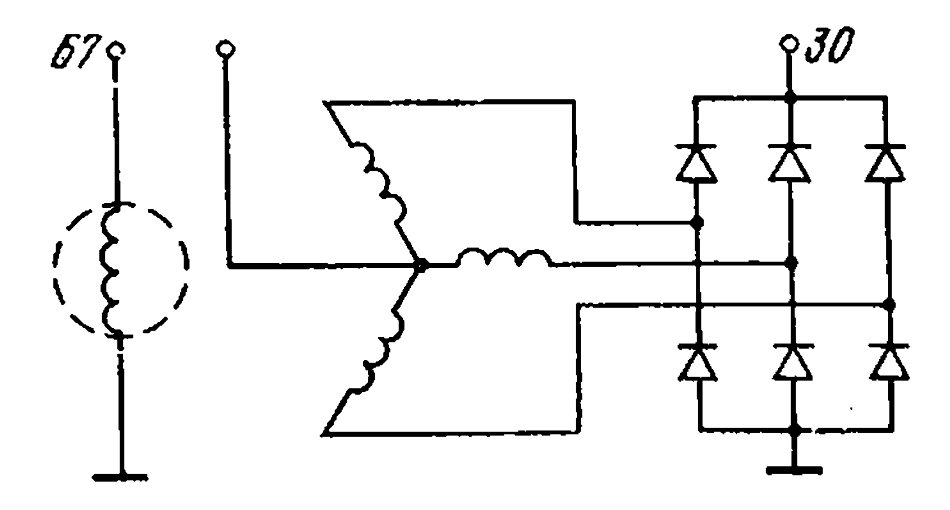


Рис. 47. Электрическая схема соединений генератора Г221: цифры 67 и 30 — маркированные выводы

На крышке со стороны контактных колец, выполненной из алюминиевого сплава, расположены щеткодержатель и выпрямитель, выводы 30(+) и 67 (Ш) и нулевой вывод.

Посадочное место под шариковый подшипник в крышке со стороны контактных колец не армировано, но на посадочном месте имеется канавка, в которой размещено резиновое кольцо *11*, поджимающее шариковый подшипник.

Выпрямитель собран на кремниевых автомобильных вентилях типа ВА20. Вентили *9* запрессовывают: три вентиля положительной полярности — в отверстия теплоотвода-охладителя *8* (не видны на рис. 46), а три вентиля отрицательной полярности — в крышку *4* генератора. В генераторах Г221 более позднего выпуска применяется выпрямительный блок БПВ6-50 на вентилях ВА20.

К крышке крепят щеткодержатель *12*, изображенный отдельно на рис. 48 с «массовой» и «изолированной» щетками. Вывод «изолированной» щетки выполнен в виде наконечника штекерного соединения.

На крышке находится табличка, предупреждающая о том, что генератор переменного тока не должен работать, если зажим 30 разъединен со своими проводами.

В отверстии крепежного ушка расположена резиновая буферная втулка *5* (см. рис. 46), армированная стальной втулкой *6*.

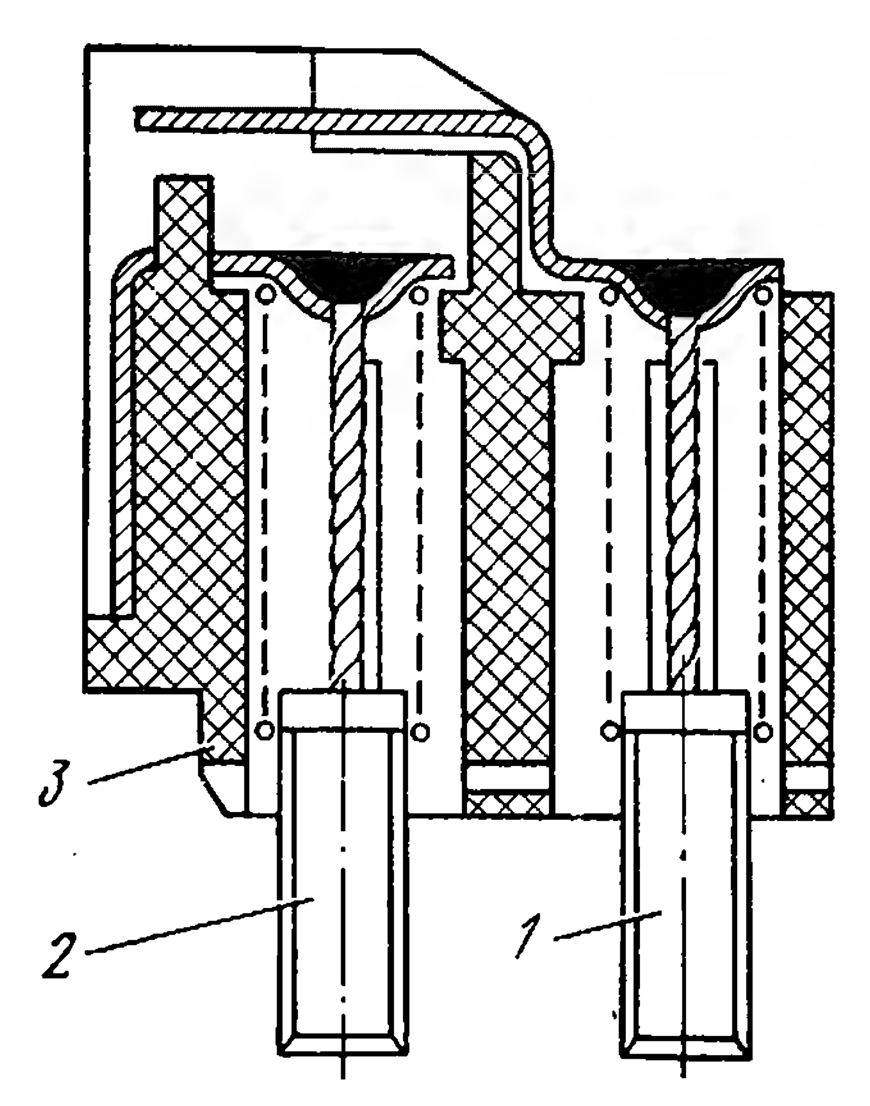


Рис. 48. Щеткодержатель генератора Г221:

1 — изолированная щетка; *2* — массовая щетка; *3* — корпус щеткодержателя

С наружной стороны отверстия в резиновую втулку упирается поджимная втулка *7*. Такое устройство позволяет выбирать осевой зазор между кронштейнами двигателя и ушками крышки генератора при затяжке гайки крепежного болта.

В крышке *14* со стороны привода, также выполненной из алюминиевого сплава, расположен стальной болт *15*, который служит для крепления натяжной планки при установке генератора на двигателе. Шариковый подшипник со стороны привода закреплен в крышке двумя опорными шайбами и четырьмя болтами, концы которых после затяжки гаек раскернивают.

Шкив *16* изготовлен из листовой стали как одно целое с вентилятором. Шкив крепят на валу при помощи шпонки, конической шайбы *17* и гайки *18*.

4. Генератор Г250-Д1

Для массовых легковых и грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, «Москвич» применяют генераторы типа Г250 номинальным напряжением 14 В, максимальным током 45 А, мощностью 630 Вт. Модификации этого генератора, обозначаемые дополнительными буквами А, Б и т. д., отличаются друг от друга размерами приводных шкивов.

Генератор имеет встроенный выпрямительный блок ВБГ1 и работает в комплекте с регулятором РР362.

Пакет статора *1* (рис. 49) набран из пластин электротехнической стали, соединенных сваркой в шести местах по наружной поверхности пакета.

Трехфазная обмотка *2* статора выполнена в виде отдельных катушек, соединенных последовательно по шесть штук в каждой фазе. Фазные обмотки статора соединены в звезду, и выходные зажимы фаз соединены с выпрямительным блоком.

Ротор состоит из вала *24* и напрессованных на вал втулки *25* с обмоткой возбуждения *4*, двух половин полюсов (клювов) *3* и контактных колец *18*, служащих для подвода постоянного тока во вращающуюся обмотку возбуждения.

Обмотка возбуждения *4* наматывается на каркас *5*. Концы обмотки возбуждения припаиваются к контактным кольцам. Каркас отливается из капрона или полиэтилена и служит изоляцией и механической защитой, повышающей надежность работы обмотки возбуждения, так как обеспечивает механическое сцепление ее с каркасом, втулкой и полюсами.

Для предотвращения проворачивания каркаса относительно полюсов на торцовой поверхности каркаса выполнены выступы. На внутренней поверхности цилиндрической части каркаса также выполнены продольные выступы и пазы, способствующие приобретению внутренней поверхности цилиндрической части каркаса эллипсоидной формы, что предотвращает смещение обмотки воз-

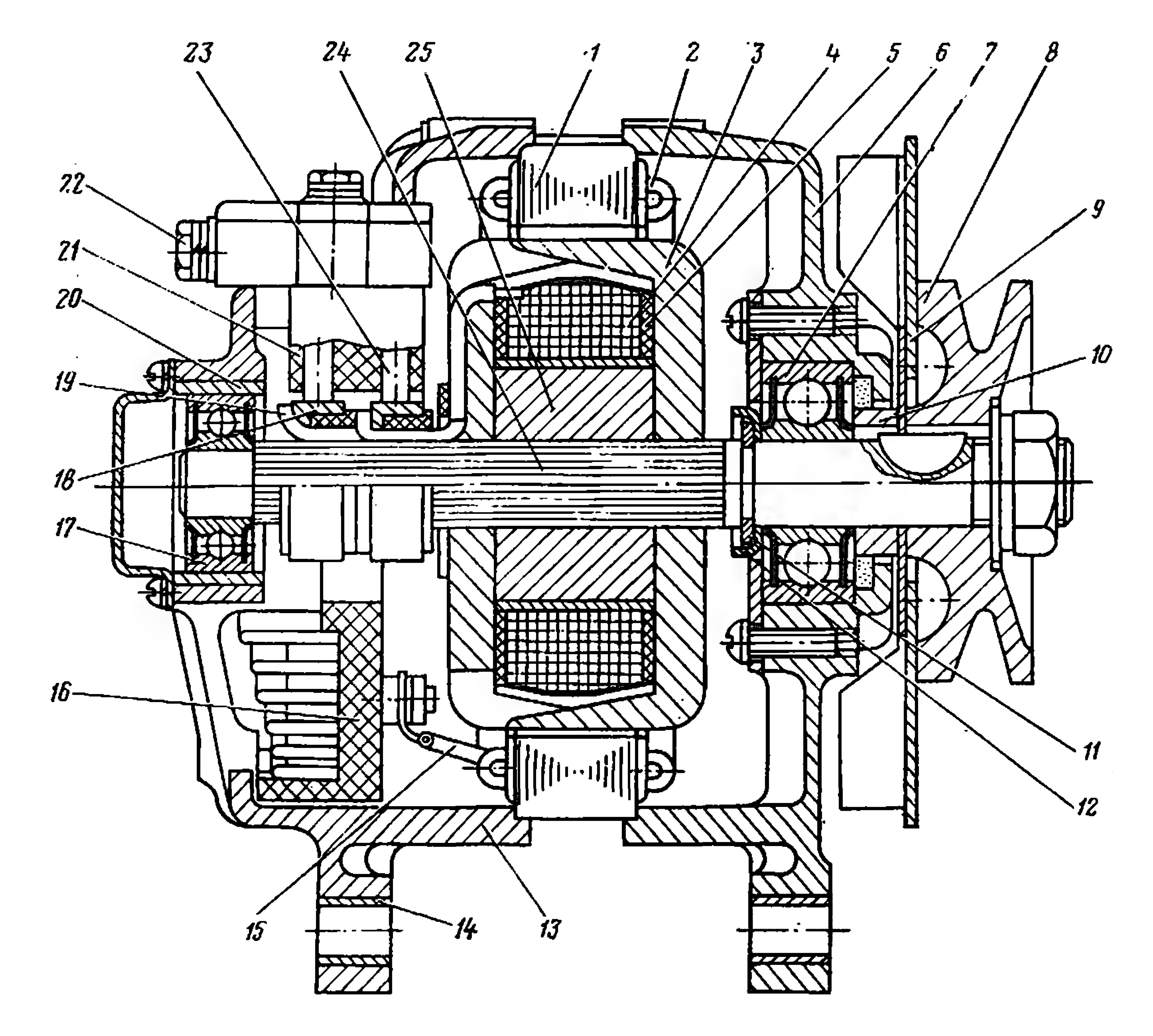


Рис. 49. Генератор Г250-Д1:

1 — статор; *2* — трехфазная обмотка статора; *3* — ротор; *4* — обмотка возбуждения: *5* — каркас; *6* — крышка со стороны привода; *7* — шариковый подшипник; *8* — шкив; *9* — вентилятор; *10* — втулка опорная; *11* — кольцо; *12* — чашка опорная; *13* — крышка со стороны контактных колец; *14* — втулка; *15* — вывод фазы обмотки статора: *16* — выпрямительный блок; *17* — шарикоподшипник; *18* — контактное кольцо; *19* — вывод обмотки возбуждения; *20* — кольцо стальное; *21* — щеткодержатель; *22* — вывод шунтовой; *23* — щетка; *24* — вал; *25* — втулка

буждения относительно каркаса, а также каркаса с обмоткой возбуждения относительно втулки.

Выпрямительный блок *16* состоит из пластмассового основания, на котором размещены ребристые алюминиевые теплоотводы с запрессованными в них кремниевыми диодами. Для повышения скорости потока охлаждающего воздуха в зоне размещения теплоотводов и турбулизации потока воздуха каждый из теплоотводов имеет форму оребренного полуцилиндра и обращен своей выпуклой частью навстречу потоку охлаждающего генератор воздуха.

В крышке генератора имеются три воздухозаборных камеры *1* (рис. 50). Стенки этих камер и оребренный корпус охладителя образуют воздухопровод, в котором скорость воздуха возрастает, что обеспечивает интенсивное охлаждение выпрямительного блока.

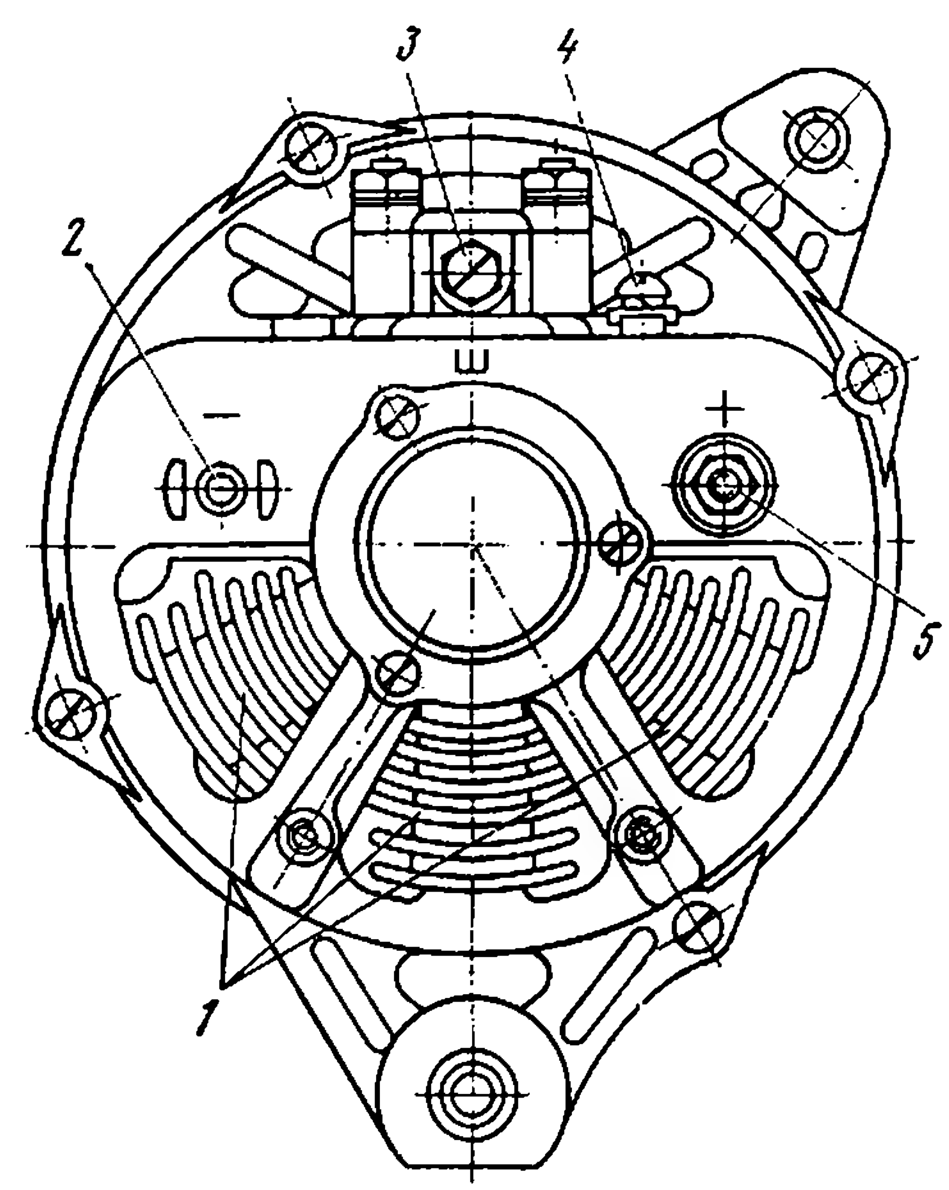


Рис. 50. Крышка генератора Г250-Д1 со стороны контактных колец:

1 — воздухозаборные камеры; *2* — отверстия для минусового вывода; *3* — вывод шунтовой; *4* — винт «массы»; *5* — вывод плюсовой

Наряду с блоком ВБГ1, имеющим пластмассовое основание, применяется блок БПВ4-45, состоящий из двух алюминиевых пластин с запрессованными в них автомобильными диодами типа ВА20.

Пакет статора может иметь открытый или полузакрытый паз. При изготовлении статора с полузакрытым пазом катушки фаз наматываются непосредственно на зубцы статора на автомате.

Полюса (клювы) имеют на своей поверхности скосы. Можно выполнять их и без скосов, но в этом случае необходимо увеличить воздушный зазор между статором и ротором с целью снижения магнитного шума.

Щетки применяют марки М1. Они имеют размеры 6×6,5 при высоте 15 мм и помещаются в щеткодержателе *21* (см. рис. 49), укрепленном на крышке и представляющем собой пластмассовую деталь с прямоугольными отверстиями для щеток. На щетку *23* надевают пружину, после чего ее канатик припаивают к выводной пластине.

Выводную пластину одной щетки присоединяют к изолированному выводу Ш; выводная пластина другой щетки электрически соединяется с крышкой, т. е. корпусом генератора.

Переходное сопротивление между телом щетки и канатиком должно быть не более 5 мОм, вырывное усилие канатика из щетки не менее 2 кгс.

Сила давления на щетки установлена в пределах 180—260 гс для всех модификаций генераторов.

Обе крышки отлиты из алюминиевого сплава; для крепления генератора на двигателе крышки имеют ушки с отверстиями, причем у крышки со стороны привода имеются два ушка: одно для крепления генератора, другое — для натяжной планки. Кроме этого, в крышке сделаны еще два резьбовых отверстия для съема крышки с вала ротора при разборке генератора.

Гнездо под шарикоподшипник армировано стальной втулкой. Сами шарикоподшипники применены с заложенной смазкой, не требующей возобновления и смазки в эксплуатации.

5. Генераторы Г271, Г272, Г273

Применяются для большегрузных автомобилей с дизельными двигателями МАЗ, КрАЗ, КамАЗ. Номинальное напряжение генераторов 28 В, максимальный ток 30 А, мощность 840 Вт.

Эти генераторы спроектированы на базе генератора Г250 и имеют с ним одинаковые размеры и конструкцию, но отличаются от него обмоточными данными, представляя собой 28-вольтовые модификации генератора Г250.

Генератор Г271 имеет такую же электрическую схему, как и генератор Г250, и работает в комплекте с регулятором напряжения РР127.

Генератор Г272 отличается от генератора Г271 обоими изолированными выводами обмотки возбуждения $Ш_1$ и $Ш_2$, что необходимо для работы в комплекте с реле-регулятором РР356.

Генератор Г273 заменяет собой генераторы Г271 и Г272 и имеет выведенную нулевую точку обмотки статора, соединенную звездой, и работает в комплекте с встроенным интегральным регулятором Я-120А. Интегральный регулятор *1* (рис. 51) расположен на щеткодержателе и вместе с ним закреплен на крышке генератора.

Принципиальное отличие схемы генератора Г273 заключается в том, что цепь обмотки возбуждения включена между нулевой точкой обмотки статора и массой (рис. 52) и, следовательно, питается напряжением 14 В. Такое подключение цепи обмотки возбуждения позволяет осуществить автоматическую защиту аккумуляторной батареи от разряда на цепь обмотки возбуждения, при неработающем двигателе и не выключенном выключателе массы, а также унифицировать роторы 14- и 28-вольтового генераторов и снизить перенапряжение на выходе генератора, возникающее при сбросе нагрузки.

Для улучшения возбуждения генератора между обмоткой возбуждения и «плюсом» аккумуляторной батареи включен подпиточный резистор $R_п$ типа МЛТ1 сопротивлением 220 Ом (см. рис. 52). Величина тока через этот ре-

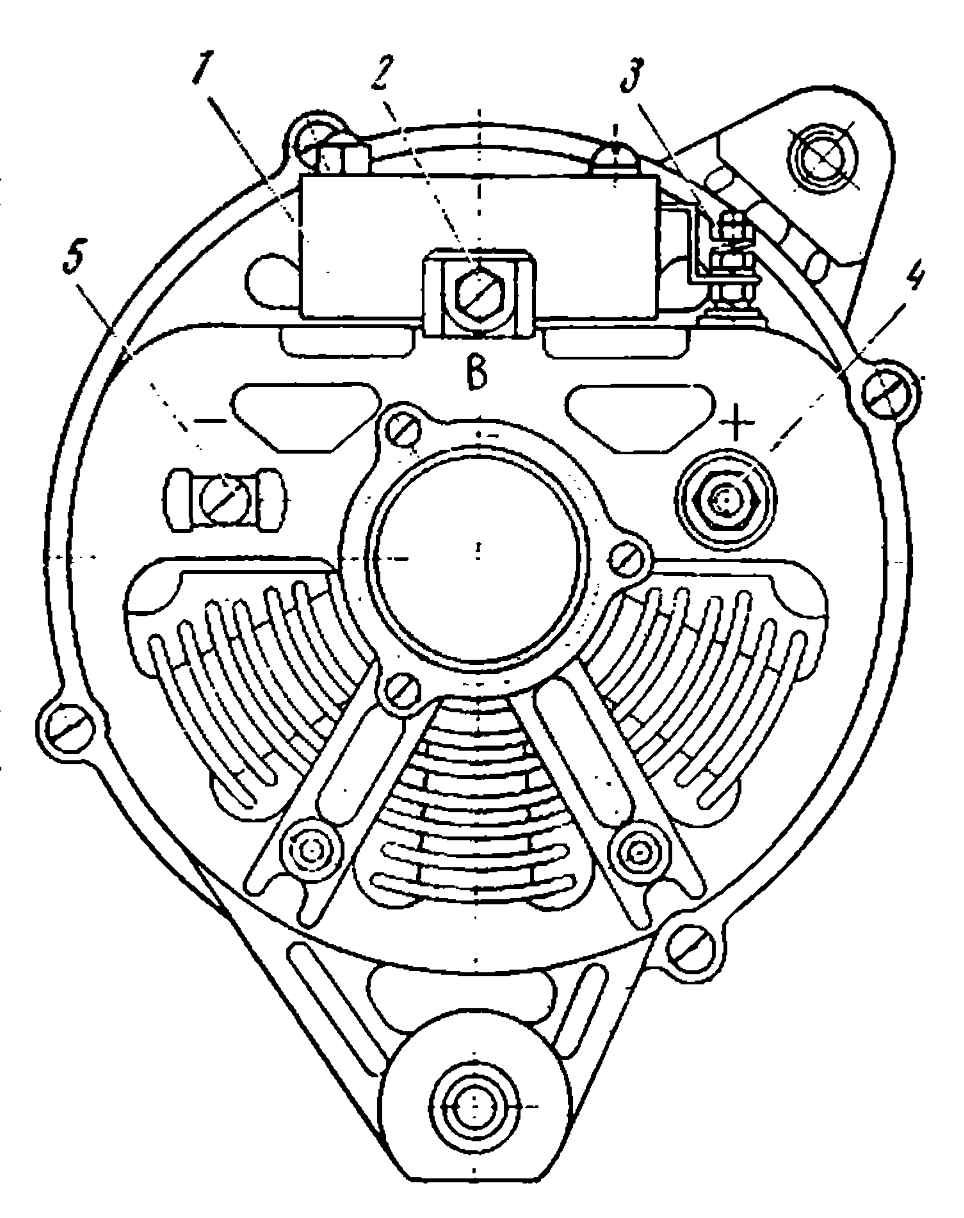


Рис. 51. Крышка генератора Г273 со стороны контактных колец:
1 — интегральный регулятор; *2* — зажим В; *3* — нулевой вывод тока обмотки статора; *4* — плюсовой вывод; *5* — массовый винт

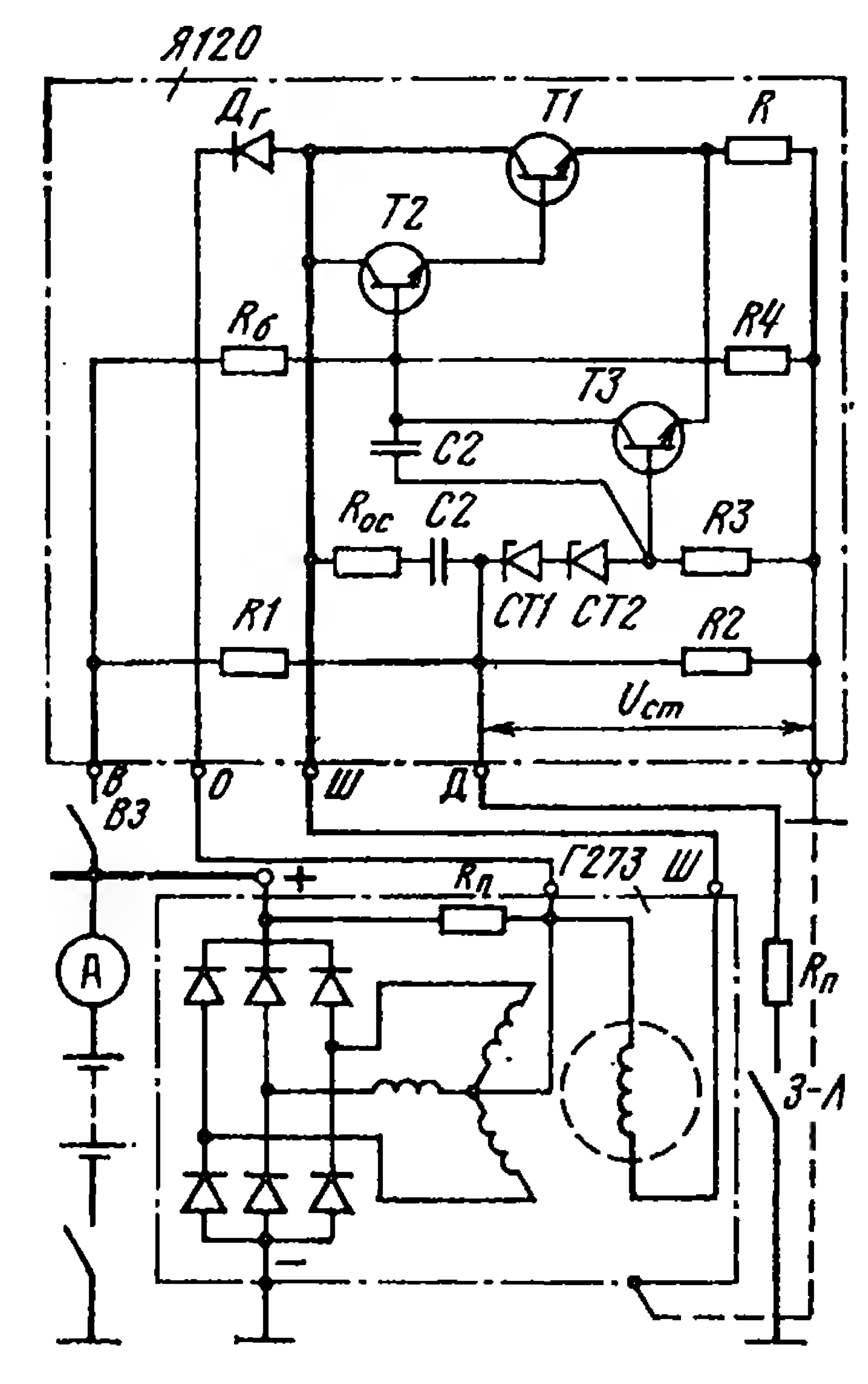


Рис. 52. Электрическая схема соединений генератора Г273

зистор не превышает 0,05 А, что не приводит к заметному разряду батареи.

Напряжение между нулевым выводом обмотки статора и массой генератора равно половине напряжения на выходе выпрямителя генератора. В связи с этим и перенапряжения, возникающие на регулирующем транзисторе, уменьшаются примерно в 2 раза по сравнению с обычным включением обмотки возбуждения на полное напряжение.

Генератор Г273 имеет посезонную регулировку «зима—лето» (*З—Л* на рис. 52). Посезонная регулировка напряжения на автомобилях МАЗ и КрАЗ необходима, потому что на этих автомобилях аккумуляторные батареи установлены снаружи.

Резистор посезонной регулировки типа МЛТ мощностью 0,25—0,5 Вт имеет сопротивление $R = 6{,}8$ кОм и включается между выводом «Д» регулятора и «массой».

В кожухе интегрального регулятора имеется винт, при помощи которого резистор при необходимости подключается к массе.

6. Генератор Г266

На автобусах ПаЗ и КаВЗ устанавливают генератор Г266 напряжением 14 В, максимальным током 60 А и мощностью 840 Вт, который заменил генераторы Г253 и Г265. Генератор спроектирован на базе генератора Г250 и отличается от него параметрами обмотки статора и встроенным интегральным регулятором типа Я112-А.

Крышка со стороны контактных колец имеет площадку для крепления интегрального регулятора в сборе с щеткодержателем.

Щеткодержатель с интегральным регулятором крепится к крышке двумя винтами.

От механических повреждений интегральный регулятор защищен кожухом.

7. Генераторы Г287, Г287-А, Г287-Б

Для автомобилей ГАЗ-66, ГАЗ-77, УралАЗ-375 применяют генераторы повышенной мощности основного типа Г287 с номинальным напряжением 14 В, максимальным током 80 А и мощностью 1100 Вт; эти генераторы работают в комплекте с реле-регулятором РР-132. Модификации основного типа — генераторы Г287, Г287-А, Г287-Б имеют одинаковые размеры и конструкцию, отличаются друг от друга размерами шкивов.

Статор *1* (рис. 53) представляет собой пакет, набранный из пластин электротехнической стали марки Э11 толщиной 1 мм, сваренный в шести местах по наружной поверхности. Число пазов на полюс и фазу $q=0{,}5$. В пазах статора уложена трехфазная обмотка, соединенная в двойную звезду.

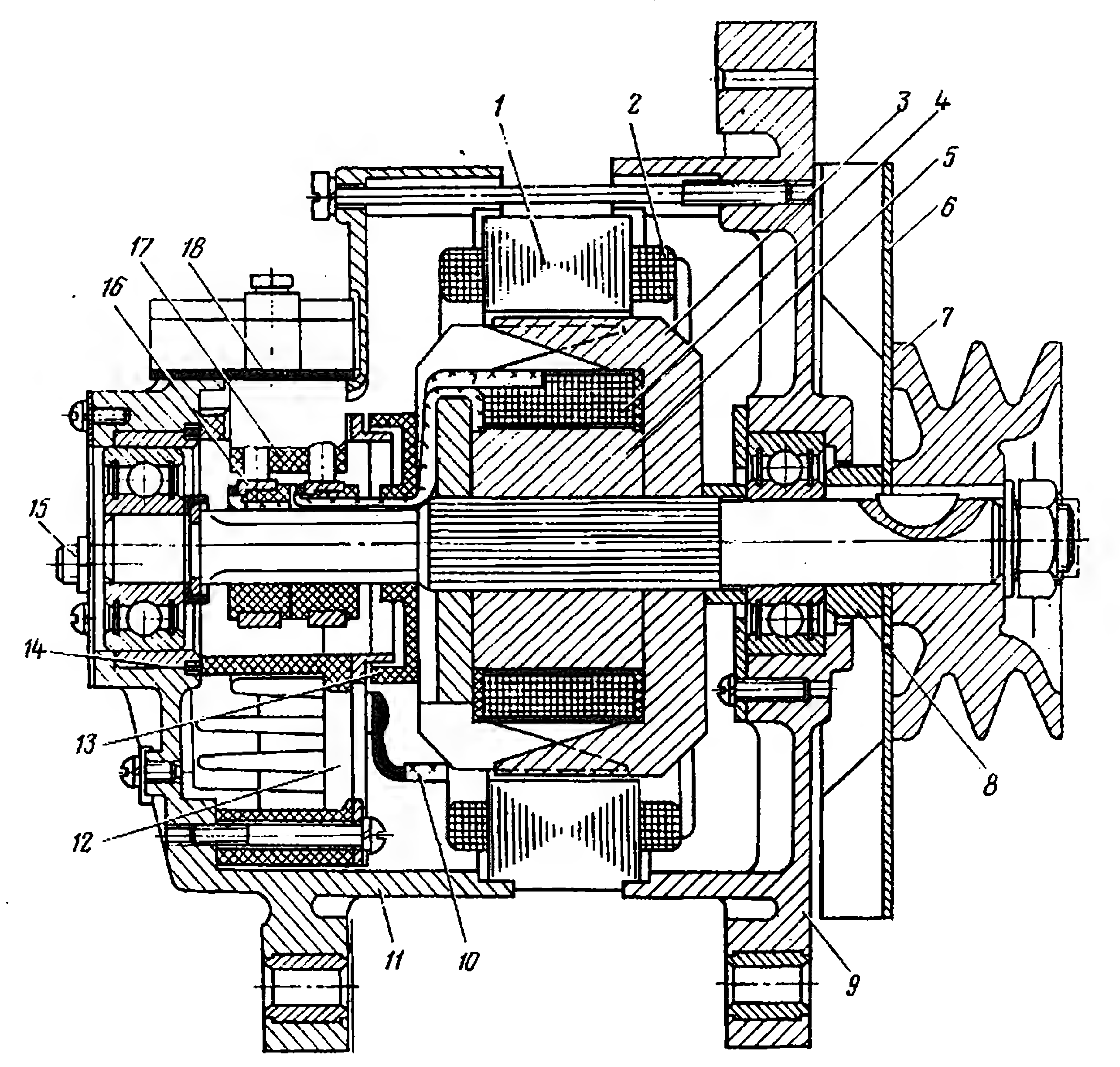


Рис 53. Генератор Г287:

1 — статор; *2* — обмотка статора; *3* — полюс (клюв) ротора; *4* — обмотки возбуждения; *5* — втулка ротора; *6* — вентилятор; *7* — шкив; *8* — распорная втулка; *9* — крышка со стороны привода; *10* — вывод обмотки статора; *11* — крышка со стороны контактных колец; *12* — выпрямительный блок; *13* — лабиринтное кольцо; *14* — резиновое кольцо; *15* — выводной болт; *16* — контактное кольцо; *17* — щеткодержатель; *18* — прокладка

Каждая из трех непрерывно намотанных катушек фаз состоит из 15 витков провода марки ПЭВ-2 диаметром 1,45 мм.

Ротор состоит из напрессованных на вал стальной втулки *5* с намотанной на нее обмоткой *4* возбуждения и стальных клювообразных полюсов *3*, прилегающих к втулке и перекрывающих обмотку возбуждения.

Крышка *11* со стороны контактных колец отлита из алюминиевого сплава, имеет ушки для закрепления генератора на двигателе и вентиляционные окна. В крышку вмонтирован выпрямительный блок *12* типа БПВ7-100.

В выпрямительный блок для уменьшения уровня радиопомех вмонтирован конденсатор емкостью 4,7 мкФ.

Щеткодержатель крепится к крышке генератора двумя винтами. Между основанием щеткодержателя и крышкой имеется резиновая уплотнительная прокладка *18*.

Оба штеккерных разъема щеткодержателя обозначены на крышке буквой *Ш* и служат: один для соединения с зажимом *Ш*, другой с зажимом «+» регулятора напряжения. Зажим, обозначенный на крышке генератора знаком «+», служит для соединения с замком зажигания и зажимом «+» аккумуляторной батареи. На крышке имеется винт массы, обозначенный знаком «—», служащий для соединения генератора с корпусом регулятора напряжения.

Крышка *9* со стороны привода отлита из алюминиевого сплава, имеет вентиляционные окна и два ушка — одно с отверстием, армированным стальной втулкой для закрепления генератора на кронштейне двигателя, а другое с резьбовым отверстием для натяжной планки.

На роторе расположено лабиринтное кольцо *13*. Второе кольцо является составной частью выпрямительного блока. Лабиринт, образуемый двумя кольцами, предохраняет щеточный узел от попадания пыли и грязи. Для этой же цели между крышкой генератора и выпрямительным блоком укладывается резиновое кольцо *14*.

8. Генераторы Г288, Г288-А, Г288-В

Генераторы Г288, Г288-А, Г288-В по конструкции и размерам аналогичны генератору Г287, но выполнены на номинальное напряжение 28 В, максимальный ток 40 А, мощность 1100 Вт и применяются в схеме электрооборудования дизельных автомобилей КрАЗ и КамАЗ в комплекте с реле-регулятором РР133. Модификации генератора Г288, обозначаемые дополнительными буквами, отличаются друг от друга размерами шкивов.

Обмотка статора соединена треугольником. Каждая из шести непрерывно намотанных катушек фазы состоит из 22 витков провода марки ПЭВ-2 диаметром 1,25 мм. Обмотка возбуждения ге-

нератора Г288 состоит из 1200 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,59 мм.

Выпрямительный блок у генераторов типа Г288 и Г287 одинаковый — типа БПВ7-100.

9. Генераторы Г286, Г286-Б и Г289

Генераторы Г286, Г286-Б с встроенным выпрямительным блоком ВБГ-6Г в комплекте с реле-регулятором РР362 служат источником электрической энергии на автобусах ЛАЗ и ЛиАЗ. Номинальное напряжение генераторов 14 В, максимальный ток 85 А, мощность 1200 Вт.

В связи с тем что автобусы ЛАЗ и ЛиАЗ в условиях городской езды движутся с малой скоростью, генератор должен обеспечить заряд аккумуляторной батареи при низких частотах вращения ротора. Поэтому они имеют низкую начальную частоту вращения при холостом ходе.

Генератор Г286 заменил установку, состоящую из генератора Г2-В или Г2-Б, селенового выпрямителя РС300 и вибрационного реле-регулятора РР5.

В генераторе предусмотрена усиленная вентиляция за счет увеличения диаметра вентилятора *6* (рис. 54), который применен от генератора Г290. Обе крышки отливаются литьем под давлением из алюминиевого сплава.

Обмотка статора соединена треугольником, что улучшило электрические характеристики генератора и повысило срок службы обмотки. Число пазов на полюс и фазу $q=0,5$.

Втулка *5* с полюсами (клювами) *3* ротора запрессована на накатку вала.

Выводы *11* фаз обмотки статора соединяются с фазными болтами выпрямительного блока. Фазные болты *12* блока служат одновременно фазными зажимами переменного напряжения, используемого на автобусе для люминесцентного освещения салона.

Зажим *(Ш) 18* выполнен в виде наконечника под штеккерное соединение. Контактные кольца и щетки от попадания пыли и грязи закрыты крышкой *16*.

Применение выпрямительного блока ВБГ-6Г взамен селенового выпрямителя РС300 значительно упростило монтаж генераторной установки на автобусе.

Замена вибрационного реле-регулятора контактно-транзисторным улучшило регулирование напряжения генератора и заряд аккумуляторной батареи, а также повысило надежность работы установки.

В последнее время взамен генераторов Г286 и Г286-Б разработаны генераторы с встроенными интегральными регуляторами типа Я112-А. Эти генераторы имеют номера Г286-А и Г-286-Б1.

На крышке щеткодержателя устанавливается интегральный регулятор и закрывается металлическим кожухом по типу генера-

тора Г266. Поэтому весь комплект генераторной установки Г-286-А или Г286-Б1 представляет собой одну единицу, удобно и легко монтирующуюся на двигателе.

Для комплектации автобусов ЛАЗ и ЛиАЗ с дизельными двигателями применяется генераторная установка Г289 номинальным напряжением 28 В. Установка представляет собой генератор Г286 с нулевым выводом обмотки статора и интегральным регулятором напряжения Я120. В остальном генератор Г289 полностью унифицирован с генератором Г286. Унификация стала возможной

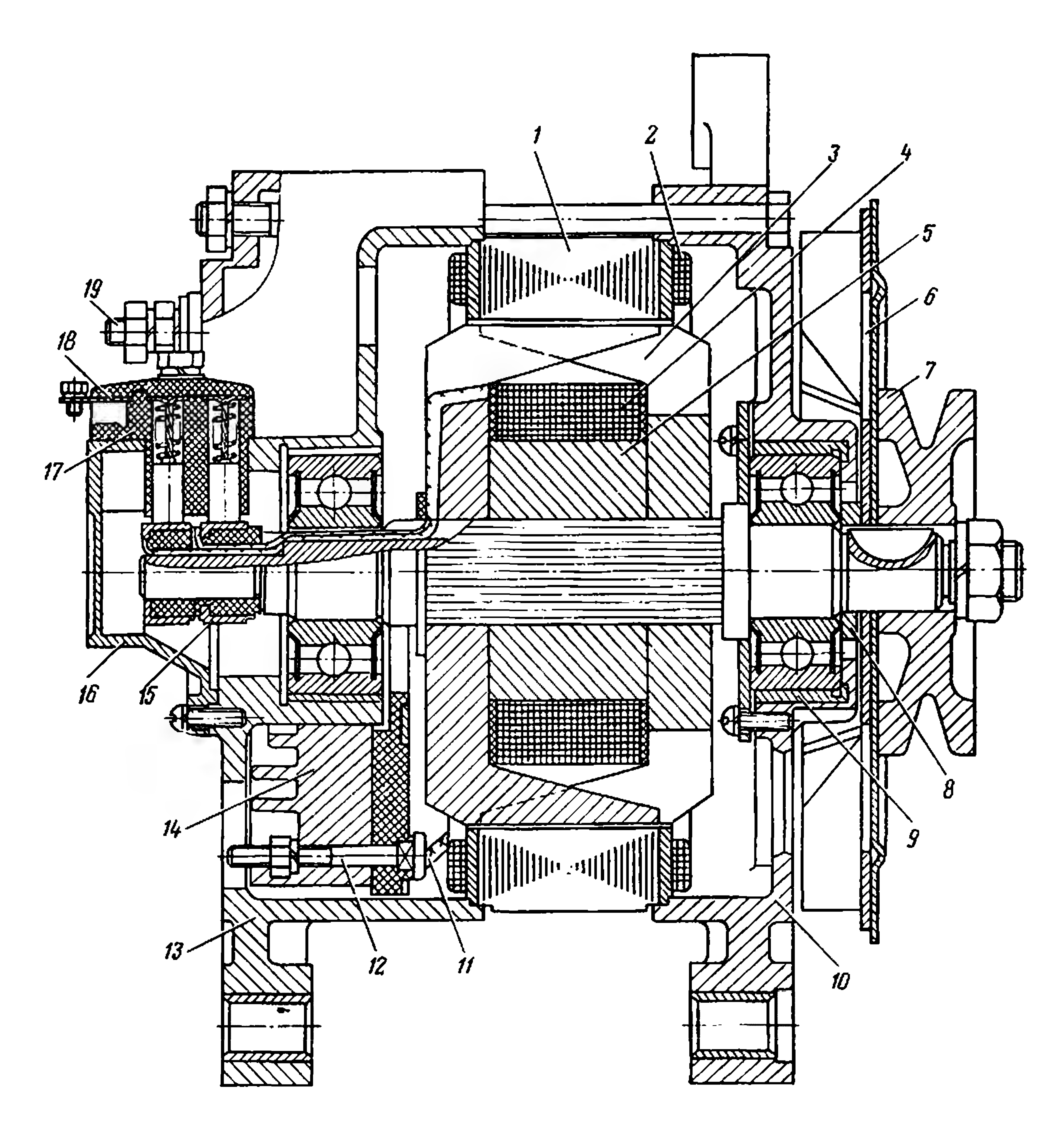


Рис. 54. Генератор Г286:

1 — статор; *2* — обмотка статора; *3* — полюса (клювы) ротора; *4* — обмотка возбуждения; *5* — втулка ротора; *6* — вентилятор; *7* — шкив; *8* — шайба; *9* — стальное кольцо; *10* — крышка со стороны привода; *11* — вывод фазы статора; *12* — болт фазный; *13* — крышка со стороны контактных колец; *14* — выпрямительный блок; *15* — контактные кольца; *16* — крышка; *17* — щеткодержатель; *18* — вывод штеккерный; *19* — вывод плюсовой

за счет включения обмотки возбуждения и регулятора напряжения между нулевым выводом обмотки статора и массой генератора, благодаря чему они питаются напряжением 14 В как у генератора Г273.

10. Генератор Г284

Этот генератор предназначен для установки на автомобили «Чайка» и ГАЗ-3102, номинальное напряжение генератора 14 В, максимальный ток 83 А, мощность 1160 Вт. Он имеет встроенный выпрямительный блок типа БПВ8-100 и работает в комплекте с регулятором напряжения РР350.

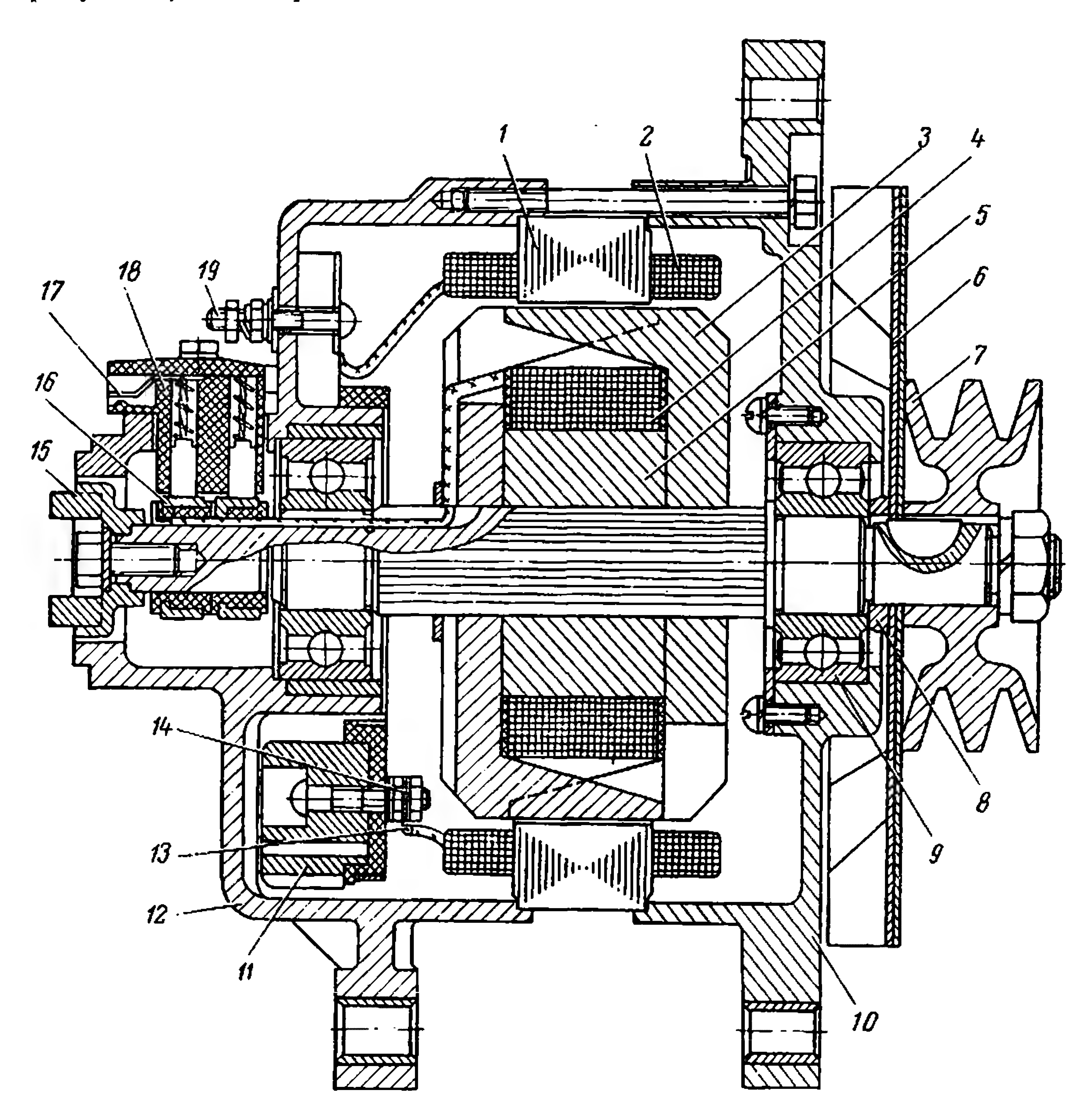


Рис. 55. Генератор Г284:

1 — статор; *2* — обмотка статора; *3* — полюс (клюв) ротора; *4* — обмотка возбуждения; *5* — втулка ротора; *6* — вентилятор; *7* — шкив; *8* — шайба; *9* — шарикоподшипник; *10* — крышка со стороны привода; *11* — выпрямительный блок; *12* — крышка со стороны контактных колец; *13* — отвод фазы генератора; *14* — фазный болт; *15* — фланец муфты гидроусилителя; *16* — контактные кольца; *17* — штеккерный вывод от щетки; *18* — щеткодержатель; *19* — отводной зажим

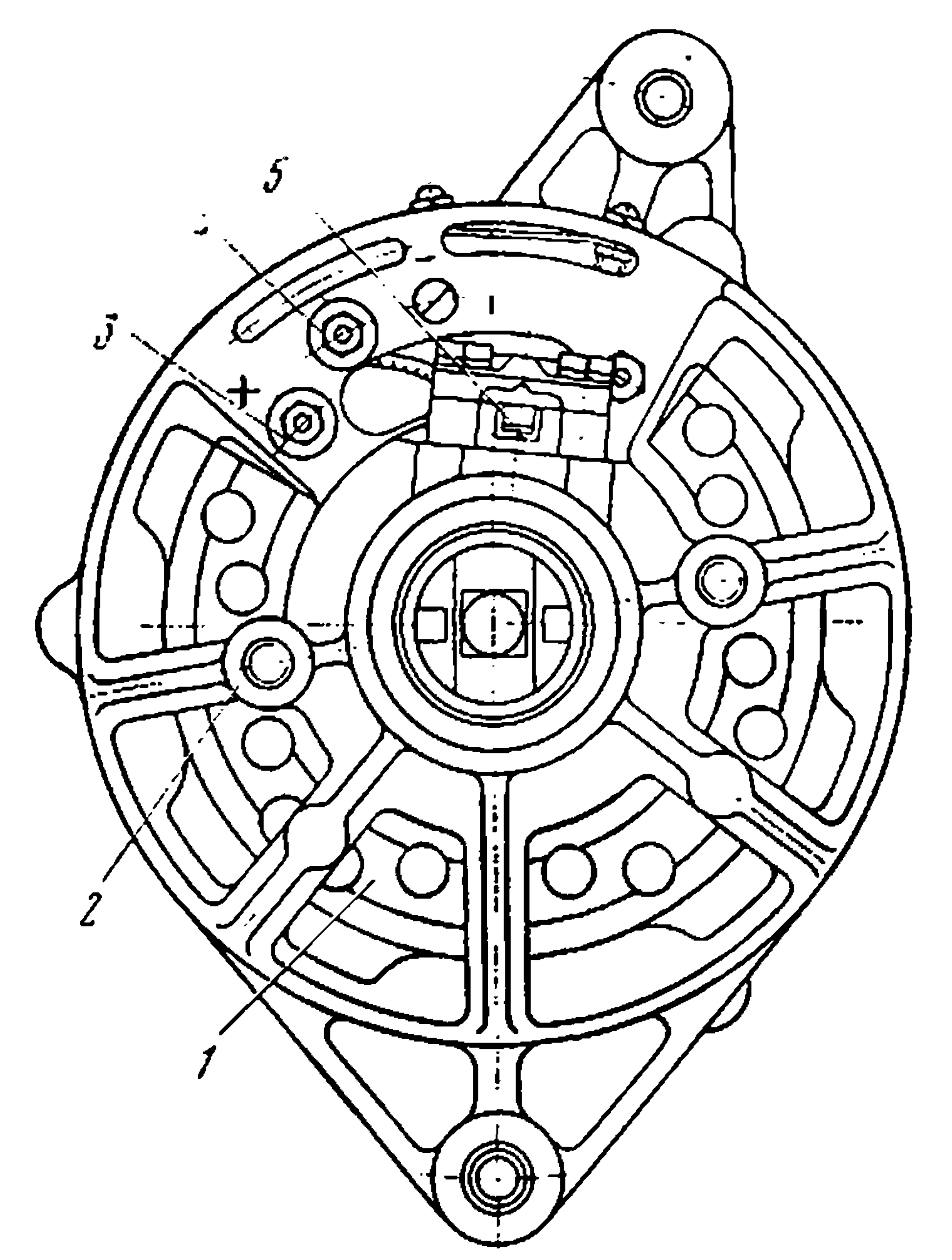


Рис. 56. Крышка генератора Г284 со стороны контактных колец:

1 — выпрямительный блок; *2* — приливы для крепления гидроусилителя рулевого управления; *3* — вывод +; *4* — вывод 0 нулевой точки; *5* — штеккерный вывод *Ш*

Генератор Г284 отличается от остальных наличием второго хвостовика вала со стороны контактных колец, предназначенного для привода гидроусилителя рулевого управления; привод гидроусилителя осуществляется через муфту *15* (рис. 55), закрепленную болтом на торце вала и сцепленную с фланцем муфты гидроусилителя рулевого управления. В крышке со стороны контактных колец имеются два прилива *2* (рис. 56) с отверстием для крепления гидроусилителя рулевого управления.

Статор имеет число пазов на полюс и фазу $q=1$. Это число пазов выбрано с целью снижения электромагнитного шума и улучшения электрических характеристик генератора. Трехфазная обмотка статора соединена в звезду и имеет вывод нулевой точки, который необходим для подключения реле блокировки стартера.

Напряжение между выводом 0 нулевой точки (*4* на рис. 56) и положительным выводом полностью заряженной батареи, при токе нагрузки 0, частоте вращения ротора 500—550 мин$^{-1}$ и при работе в комплекте с регулятором РР350 должно быть примерно 7В.

Для снижения радиопомех между выводом «+» и массой устанавливается конденсатор емкостью 4 мкФ.

Генератор характеризуется низкой начальной частотой вращения: при 1000 об/мин он отдает 45 А, чем обеспечивается заряд батареи при городской езде.

Выпрямительный блок, собранный на 12 вентилях типа ВА20, имеет металлические корпусы выпрямительных элементов, изолированные друг от друга крепежными приливами общего изоляционного основания, на внутренней и внешней поверхности которого размещены соединительные шины постоянного тока.

Такая конструкция выпрямительного блока обеспечивает равномерное и интенсивное охлаждение обмоток статора и ротора генератора.

11. Генератор Г263-А

На автомобили семейства БелАЗ устанавливают генератор Г263-А номинальным напряжением 28 В, максимальным током 150 А и мощностью 4200 Вт. Генератор работает в комплекте с регулятором РР363.

Пакет статора *2* (рис. 57) набран из пластин, соединенных при помощи сварки. На внутренней поверхности статора имеется 18 пазов, равномерно расположенных по окружности. В пазах расположена обмотка, соединенная в двойную звезду с нулевым выводом. Число пазов на полюс и фазу $q = 0{,}5$.

Включение обмотки возбуждения и регулятора между выводом нулевой обмотки статора и массой генератора позволяет осуществить автоматическую защиту аккумуляторной батареи от разряда на цепь обмотки возбуждения при остановленном двигателе и невыключенном выключателе массы. Вследствие этого реле защиты значительно упрощается, а обмотка возбуждения рассчитывается на питание напряжением 14 В. В целях улучшения самовозбуждения генератора при малой частоте вращения ротора между обмоткой возбуждения и аккумуляторной батареей включается резистор *34* подпитки сопротивлением 75 Ом; протекающий по резистору незначительный ток не может разрядить батарею в том случае, если водитель забудет на стоянке отключить выключатель массы.

Каждая фаза обмотки статора состоит из трех непрерывно намотанных катушек. В каждой катушке 11 витков провода ПЭТВ диаметром 2,1 мм.

Ротор генератора состоит из вала *6*, на который насажена втулка *5* с обмоткой возбуждения *4*, полюса (клювы) *3* и контактные кольца *15*. Втулка *5* и клювообразные полюса *3* зафиксированы на валу при помощи призматической шпонки и закреплены гайкой *25* с лепестковой шайбой. После затягивания гайки лепесток шайбы отгибают на грань гайки и тем самым предохраняют ее от самоотвертывания.

Выводы обмотки возбуждения закреплены на валу деревянным клином *22*, а концы выводов припаяны к контактным кольцам *15*.

Обмотка возбуждения намотана проводом ПЭВ-2 ∅0,8 мм и имеет 710 витков. Сопротивление обмотки возбуждения равно 7 Ом. Ротор динамически балансируют, допустимая остаточная неуравновешенность — 40 гсм. В связи с особо тяжелыми условиями работы автомобилей БелАЗ обмотка статора генератора имеет двойную пропитку.

На торце крышки *7* со стороны контактных колец на специальных радиаторах, изолированных от корпуса генератора, укреплены силовые кремниевые вентили типа ВКД50-1А. Все радиаторы имеют ребра жесткости.

Вентили типа ВКД-50 закрепляют следующим образом. На плоскость крышки укладывают изоляционную миканитовую про-

кладку, а на нее ставят радиатор. Вентиль *9* вставляют в отверстие крышки до упора в основание радиатора. С внутренней стороны крышки, между телом крышки и вентилем, располагают изоляционную пластмассовую втулку, вентиль закрепляют гайкой, предохраненной от самоотвертывания пружинной шайбой.

Таким образом, корпус вентиля имеет электрический контакт с основанием радиатора, который изолирован от генератора.

Три вентиля *9* присоединяют отрицательными выводами к основанию *10* щеткодержателя (т.е. к корпусу генератора) под один общий болт, образующий минусовый полюс схемы выпрямления. Эти вентили смонтированы каждый в отдельной пластине-охладителе *30*, изолированной от корпуса генератора и имеющей контактный болт *31* для присоединения выводов фазных обмоток генератора и отрицательных выводов *32* трех остальных вентилей.

Корпусы остальных трех вентилей закреплены в общем трехлопастном радиаторе, также изолированном от крышки генератора и образующем положительный полюс схемы выпрямления. Плюсовой вывод генератора соединен с контактным болтом *33* этого общего охладителя. На провода всех выводов надеты полихлорвиниловые трубки для защиты проводов от механического повреждения частицами угольных и рудных пород.

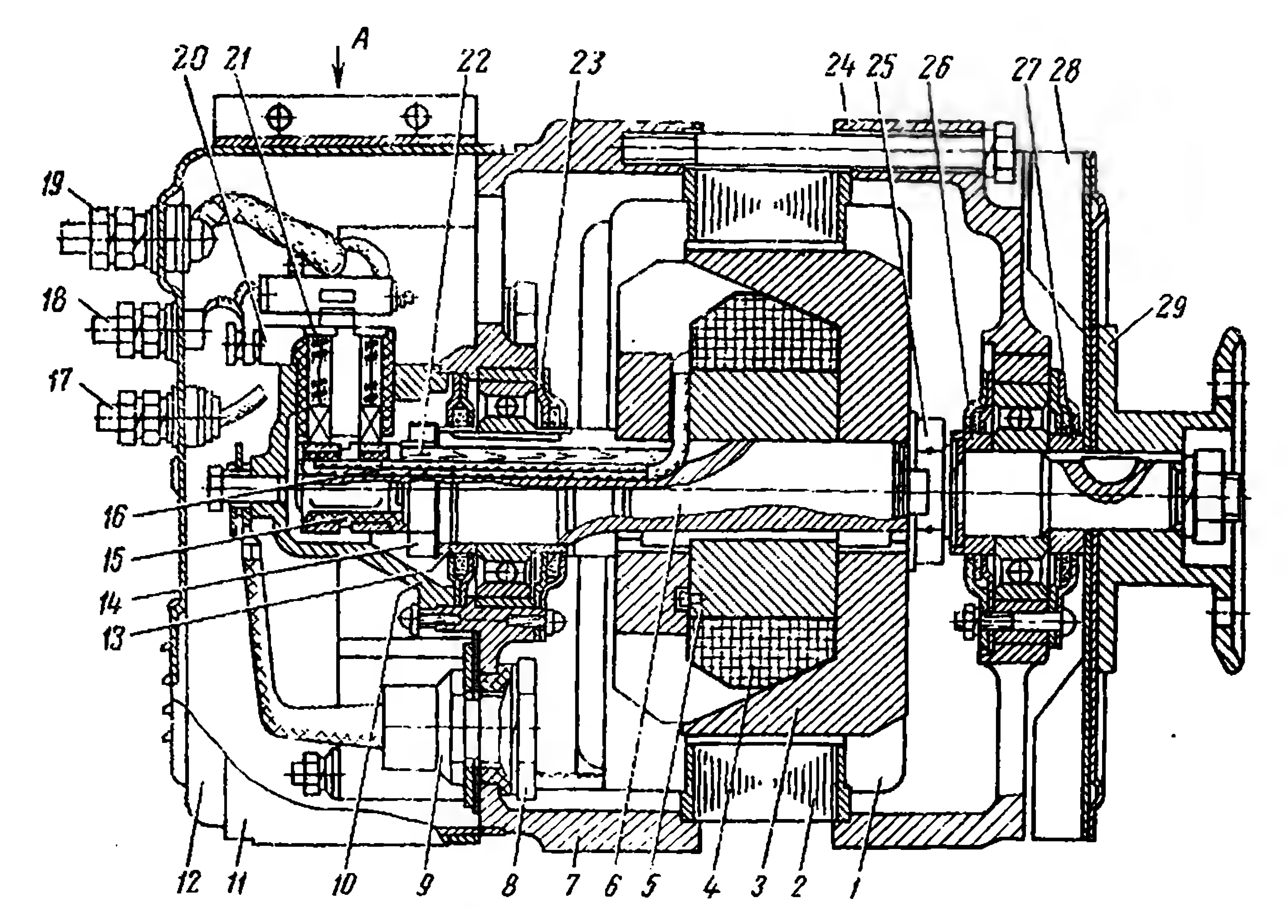


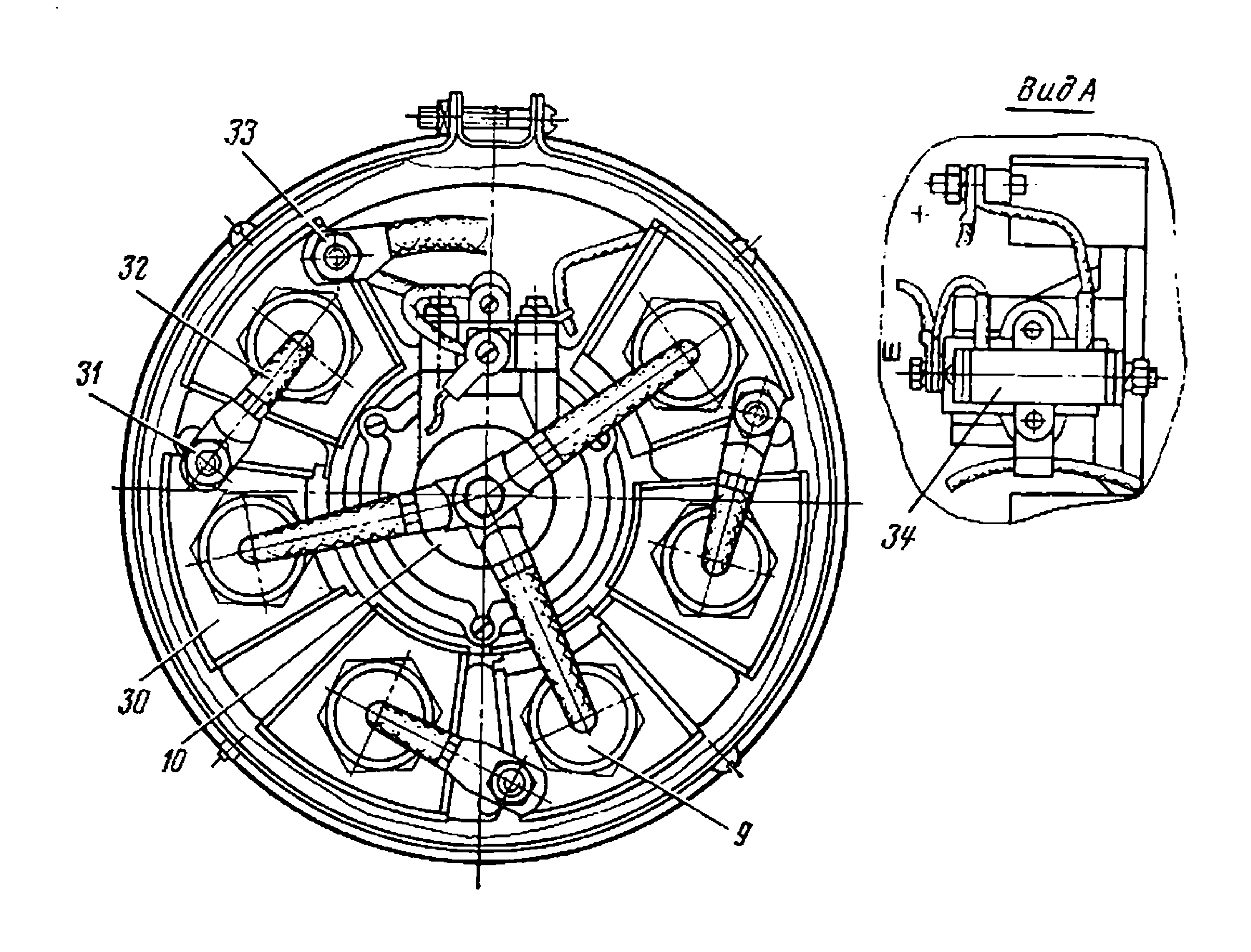
Рис. 57. Генератор Г263-А:

1 — обмотка статора; *2* — статор; *3* — полюса (клювы) ротора; *4* — обмотка возбуждения; ка крепления вентиля; *9* — вентиль; *10* — основание щеткодержателя; *11* — защитная воды обмотки возбуждения; *17* — вывод «0»; *18* — вывод «Ш»; *19* — вывод «+»; *20* — стороны привода; *25* — гайка; *26* и *27* — втулки сальника; *28* — вентилятор; *29* — фланец; *33* — болт вывода «+»; *34* — резистор подпитки

Щеточное устройство состоит из основания *10* щеткодержателя *20* и щеток *21*. Основание щеткодержателя отлито из цинкового сплава ЦАМ4-1 и закреплено на крышке генератора тремя винтами. Щеткодержатель и щетки аналогичны по конструкции щеткодержателю и щеткам генератора Г250. Для защиты внутренней полости щеткодержателя под крышку кладется паронитовая прокладка. На крышке щеткодержателя установлен резистор *34* подпитки.

Экран *12* представляет собой металлический кожух, закрывающий выпрямительное устройство. На крышке экран закреплен семью винтами с плоскими и пружинными шайбами. На экране расположены выводные болты «+», *Ш* и *О*. Защитная лента расположена на экране таким образом, чтобы при установке генератора на кронштейне двигателя жалюзи были внизу генератора.

В обоих крышках посадочные места под шариковые подшипники армированы запрессованными в них стальными втулками. Шариковые подшипники с обеих сторон закрыты фетровыми сальниками *23*, которые скользят по упорным втулкам *13*, *26* и *27*. Подшипники и втулки закреплены: в крышке со стороны колец гайкой *14*, в крышке со стороны привода — гайкой, крепящей одновременно вентилятор *28* и фланец *29*.



5 — втулка ротора; *6* — вал ротора; *7* — крышка со стороны контактных колец; *8* — гай-
лента; *12* — экран; *13* — втулка сальника; *14* — гайка; *15* — контактные кольца; *16* — вы-
щеткодержатель; *21* — щетка; *22* — деревянный клин; *23* — сальник; *24* — крышка со
30 — пластина-охладитель; *31* — контактный болт; *32* — отрицательный вывод вентиля;

12. Генератор Г290

Для автомобилей, имеющих экранированную систему электроснабжения, применяют генератор Г290 номинальным напряжением 28 В, максимальным током 150 А и мощностью 4200 Вт. Генератор имеет встроенный выпрямитель и работает в комплекте с регулятором РР361-А. Генератор имеет некоторые конструктивные отличия по сравнению с генератором Г263А.

Пакет пластин статора соединен заклепками. Внутренняя часть статора имеет 72 паза, равномерно расположенных по окружности. В пазах статора размещена трехфазная обмотка. Число пазов на полюс и фазу $q=2$. Каждая фаза состоит из 24 секций. Секция имеет один виток прямоугольного провода ПЭВП, 1,95×4,4 мм.

Обмотка статора соединена в звезду: начала фаз соединены вместе и образуют нулевую точку, а концы фаз выведены к охладителям (теплоотводам) выпрямителей.

Крышки отлиты из алюминиевого сплава и снабжены вентиляционными отверстиями и ушками для крепления генератора на двигателе. Отверстия в ушках армированы запрессованными в них стальными втулками.

На экране смонтированы: экранированный вывод «+» типа ЭВ-100 и три экранированных штепсельных разъема типа ШР-25.

При помощи штепсельных разъемов ШР-25, замаркированных буквами *Л1* и *Л2*, выводится переменный ток от двух фаз статора для питания реле-блокировки. Третий штепсельный разъем, за-

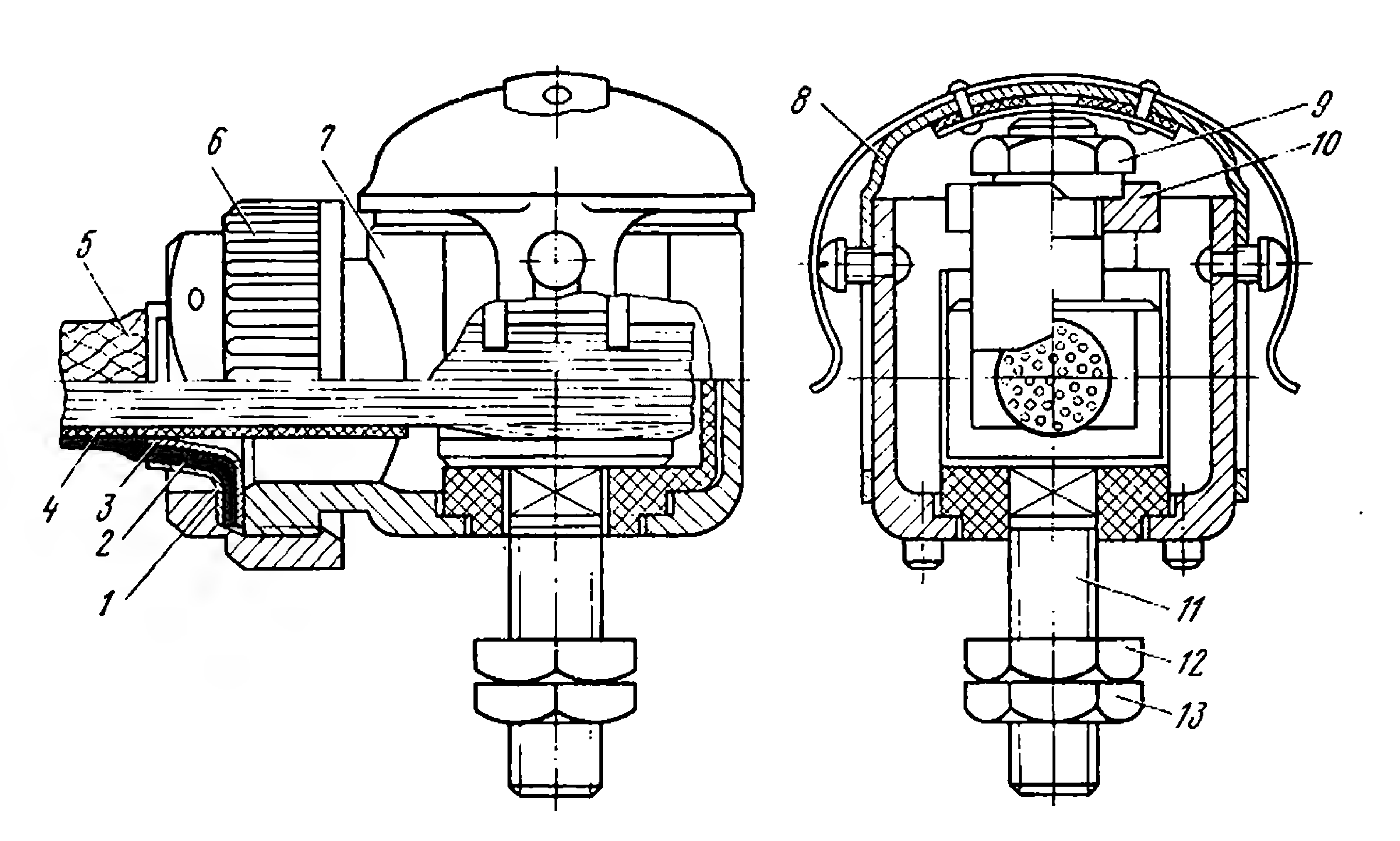


Рис. 58. Экранированный вывод ЭВ-100:

1 — конусная втулка; *2* — экранирующая оплетка; *3* — конусная втулка; *4* — изоляция; *5* — провод; *6* — гайка; *7* — корпус; *8* — крышка; *9* — гайка; *10* — скоба; *11* — выводной болт; *12*, *13* — гайки

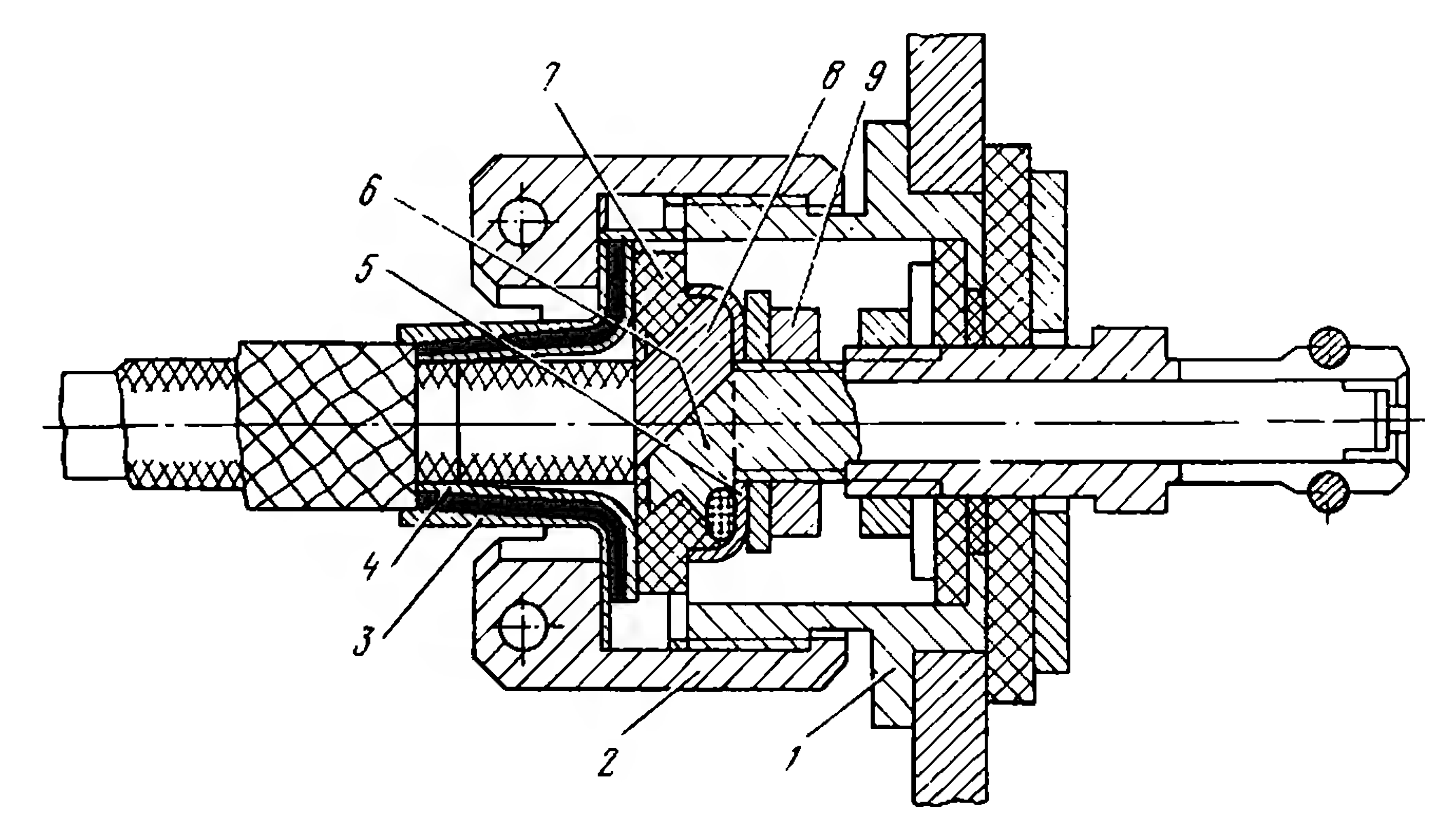


Рис. 59. Экранированный штепсельный разъем ШР-25:

1 — корпус; *2* — гайка; *3, 4* — конусные втулки; *5* — фасонная шайба; *6* — стальной стержень; *7* — вилка; *8* — жила провода; *9* — гайка

маркированный буквой *Ш*, является выводом обмотки возбуждения.

Экранированный вывод ЭВ-100 (рис. 58) предназначен для присоединения экранированного провода к плюсовому зажиму генератора. Экранированный привод *5* вставляют в отверстие корпуса *7* таким образом, чтобы жила провода, освобожденная от изоляции, была расположена в скобе *10*.

Изоляция *4* провода должна быть ровно обрезана и не доходить до скобы на 2—3 мм. Оголенный конец провода зажимают скобой *10* и закрепляют гайкой *9*. Экранирующую оплетку *2* провода закладывают между конусными втулками *1* и *3* и гайкой *6*, плотно прижимают к корпусу *7*. Крышка *8* экранированного вывода легко поворачивается при монтаже, открывая доступ к гайке *9*.

Экранированный вывод ЭВ-100 крепят к экрану генератора гайкой *12* за выводной болт *11*, изолированный от корпуса *7* пластмассовой шайбой. При этом положение вывода относительно экрана фиксируют двумя шпильками. Плюсовой провод, идущий от контактного болта *33* (см. рис. 56) выпрямителя подводят внутри генератора к выводному болту *11* (см. рис. 58) и зажимают гайкой *13*.

Штепсельный разъем ШР-25 (рис. 59) представляет собой устройство для закрепления экранированных проводов, идущих к зажимам *Ш*, *Л1* и *Л2*. Оголенную часть жилы *8* экранированного провода вставляют в отверстие вилки *7*, обматывают вокруг стального стержня *6*, закрепляют фасонной шайбой *5* и зажимают гайкой *9*. Экранированную оплетку провода закладывают между двумя коническими втулками *3* и *4*, которые закрепляются на корпусе

1 разъема гайкой *2*. Стержень, к которому присоединена оголенная часть провода, изолирован от корпуса пластмассовой изоляцией, а также изоляционными шайбами.

В экране генератора штепсельный разъем крепят развальцовкой. Провода, подводимые к зажимам *Ш*, *Л1* и *Л2* генератора, присоединяют к штепселям при помощи винтов.

В экране и защитной ленте имеются жалюзи для проточной вентиляции генератора.

Крышка со стороны привода отлита из алюминиевого сплава, снабжена вентиляционными отверстиями и двумя ушками, одно из которых служит для закрепления генератора на кронштейне двигателя, а другое — для натяжной планки ремня.

Генератор Г290-Б является модификацией генератора Г290 и отличается от последнего только тем, что его привод осуществляется не при помощи шкива, а при помощи фланца, сцепляющегося с карданным валом, соединяющим вал генератора с приводом двигателя,

Взамен генераторов Г290 и Г290-Б разработаны новые модификации генераторов Г290-А и Г290-Б1. Они предназначены для работы в комплекте с реле-регулятором РР390.

На экране имеются дополнительные зажимы *Ш* и *О*. Щеткодержатель имеет два изолированных зажима.

В связи с тем что генератор Г290-А может иметь и левое, и правое направления вращения, лопасти вентилятора расположены радиально, а вместо пружинной шайбы под гайку крепления шкива устанавливается стопорная шайба.

Глава IV

РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕЛЕ

1. Назначение и типы регулирующих устройств

Регулирующие устройства автомобильных генераторов переменного тока выполняют следующие основные функции:

регулирование напряжения генератора в заданных пределах при изменении частоты вращения ротора и тока нагрузки генератора, а также при изменении температуры окружающей среды;

ограничение силы тока генератора при изменении частоты вращения ротора генератора, его нагрузки и температуры окружающей среды;

включение и отключение от системы электрооборудования автомобиля главной цепи и обмотки возбуждения или только обмотки возбуждения генератора;

защиты полупроводниковых элементов — транзисторов (в транзисторных регуляторах напряжения) при слу-

Таблица 4

Конструктивные типы регулирующих устройств для генераторов переменного тока

Тип	Выполняемая функция					Тип элемента регулятора	Количество электромагнитных реле	Тип генератора, с которым работает	Автомобили и автобусы, на которых применяются
	Регулирование напряжения	Ограничение тока	Включение главной цепи и обмотки возбуждения	Включение только обмотки возбуждения	Защита от коротких замыканий				
РР127	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Одноступенчатый, вибрационный	1	Г271	МАЗ-500, КрАЗ-256 и их модификации
РР310	»	»	Да		»	То же	2	Г502	ЗАЗ-965, -966, -968 «Запорожец»
РР115	»	»	»	Нет	»	»	2	Г253 Г265	ПАЗ-652 ПАЗ-672
РР115-В	»	»	Нет	Да	»	»	2	Г265	ПАЗ-672
РР380	»	»	»	Нет	»	Двухступенчатый вибрационный	1	Г221	ВАЗ-2101, -2102, -2103, -21011, 2106
РР362 и РР362 модернизир.	»	»	»	»	Да	Контактно-транзисторный	2	Г250 и его модификации	ГАЗ-53, ГАЗ-66, «Москвич-412» ЗИЛ-130, трактор К-700
РР363	»	»	»	»	Нет	То же	2	Г263А	БелАЗ-540, БелАЗ-548А
РР350	»	»	»	»	»	Бесконтактно-транзисторный	Нет	Г250-Е1	ГАЗ-24 «Волга»
РР356	»	»	»	»	»	То же	»	Г272	МАЗ-500, КамАЗ
РР132	»	»	»	»	»	»	»	Г287	ГАЗ-66, ГАЗ-71, УралАЗ-375, ЗИЛ-131, ЗИЛ-137
РР133	»	»	»	»	»	»	»	Г288	МАЗ, КрАЗ, КамАЗ
Я112А	»	»	»	»	»	Интегральный, встроенный	»	Г266А	ПАЗ-552
Я120	»	»	»	»	»	То же	»	Г273	МАЗ-500, КрАЗ и др.

чайных коротких замыканиях и других аварийных режимах.

Регулирование напряжения осуществляется вибрационными или транзисторными регуляторами напряжения. Вибрационные регуляторы напряжения выполняют одноступенчатыми или двухступенчатыми. Транзисторные регуляторы напряжения делятся на два основных типа: контактно-транзисторные и бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения.

Функции ограничения силы тока генератора, а также подключения и отключения генератора от сети или защиты транзисторов, как правило, выполняют электромагнитные реле. Поэтому в зависимости от того, какие из указанных выше функций выполняются, регулирующие устройства называют или регуляторами напряжения, когда выполняются только функции регулирования напряжения посредством контактных или бесконтактных элементов, или реле-регуляторами, когда выполняются, кроме функции регулирования напряжения, также одна или обе из двух вышеуказанных функций включения и отключения или защиты посредством электромагнитных реле.

В табл. 4 приведены основные конструктивные типы регулирующих устройств для генераторов переменного тока и их функциональная структура.

В дальнейшем подробно рассматриваются основные типы регуляторов напряжения и реле-регуляторов, применяемых с современными автомобильными генераторами переменного тока, причем они расположены в основном в порядке возрастающей сложности.

2. Вибрационные регуляторы напряжения и реле-регуляторы

Регулятор напряжения РР127 представляет собой одноступенчатый вибрационный регулятор напряжения (рис. 60) для генератора Г271 номинальным напряжением 28 В и максимальным током 30 А и предназначен для работы в однопроводной схеме с соединением минуса на массу в системе электрооборудования автомобилей МАЗ-500, КрАЗ-256 и их модификаций, с дизельными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

Регулятор напряжения *РН* (рис. 61) состоит из Ш-образного ярма, цилиндрического сердечника, на котором расположена шунтовая *ШО* и выравнивающая *ВО* обмотки, якорька с нормально замкнутыми вольфрамовыми контактами и пружины якорька. Якорек подвешен к ярму на упругой пластинке — серьге, которая одним концом прикреплена к якорьку, а другим — к угольнику, укрепленному на ярме. Натяжение пружины регулируют подгибанием ее кронштейна.

При замкнутых контактах регулятора ток возбуждения замыкается через них по пути: от зажима «+» через выравнивающую обмотку *ВО*, замкнутые контакты на зажим *Ш* и далее через обмотку возбуждения *ОВ*. При разомкнутых контактах ток возбуждения проходит от зажима «+» на зажим *Ш* через сопротивления

$R_у$ и $R_д$. Резистор $R_у=30$ Ом называется ускоряющим сопротивлением, сопротивление $R_д$, состоящее в данном регуляторе из двух резисторов 128 и 30 Ом, — добавочным сопротивлением. Таким образом, при размыкании контактов регулятора в цепь обмотки возбуждения включается сопротивление трех резисторов, общая величина которого равна $30+128+$ $+30=188$ Ом.

Основное намагничивание сердечника регулятора создается шунтовой обмоткой *ШО*, которая включена одним концом после резистора $R_у$, другим — на массу.

Работа регулятора напряжения. При неработающем или при работающем на малой частоте вращения роторе генератора, когда напряжение генератора ниже 27,4—30,2 В, контакты регулятора напряжения замкнуты усилием пружины якорька.

При включении выключателя массы *ВМ* аккумуляторная батарея разряжается на обмотку возбуждения генератора и обмотки и резисторы регулятора напряжения силой тока 1,2—1,3 А, обусловленной в основном током возбуждения генератора, который составляет примерно 1 А. Обратный ток, идущий через выпрямитель, состоящий из кремниевых вентилей, практически равен нулю.

Ток, протекающий по шунтовой обмотке регулятора напряжения, замыкается по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим «+» генератора — зажим «+» регулятора напряжения — резисторы $R_у$, $R_{тк}$ — шунтовая обмотка *ШО* — корпус ре-

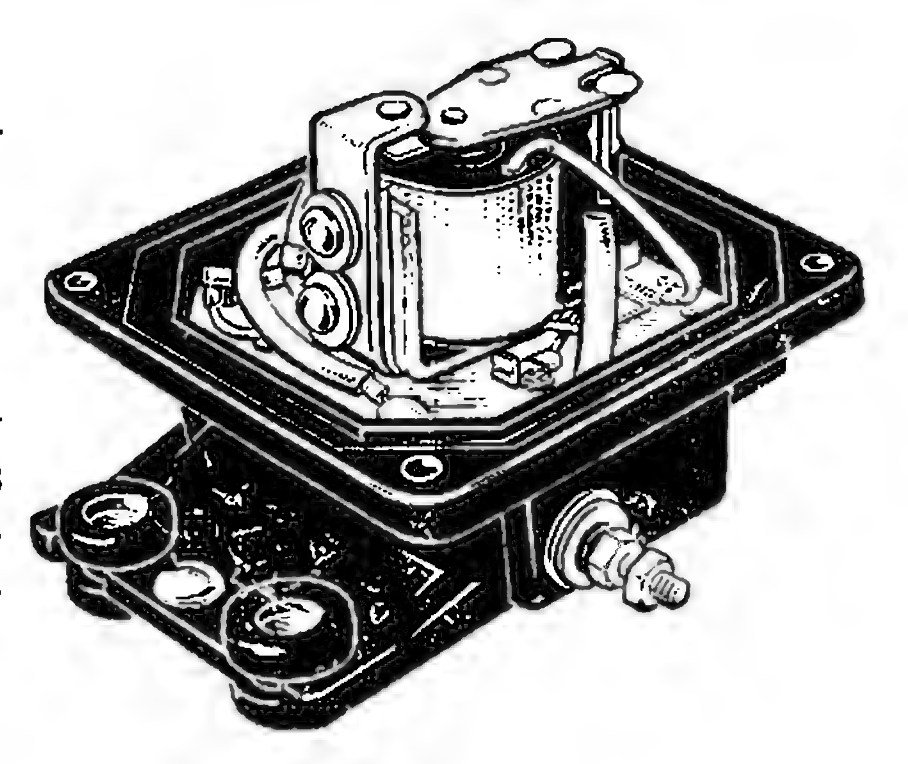


Рис. 60. Общий вид регулятора напряжения РР127 (со снятой крышкой)

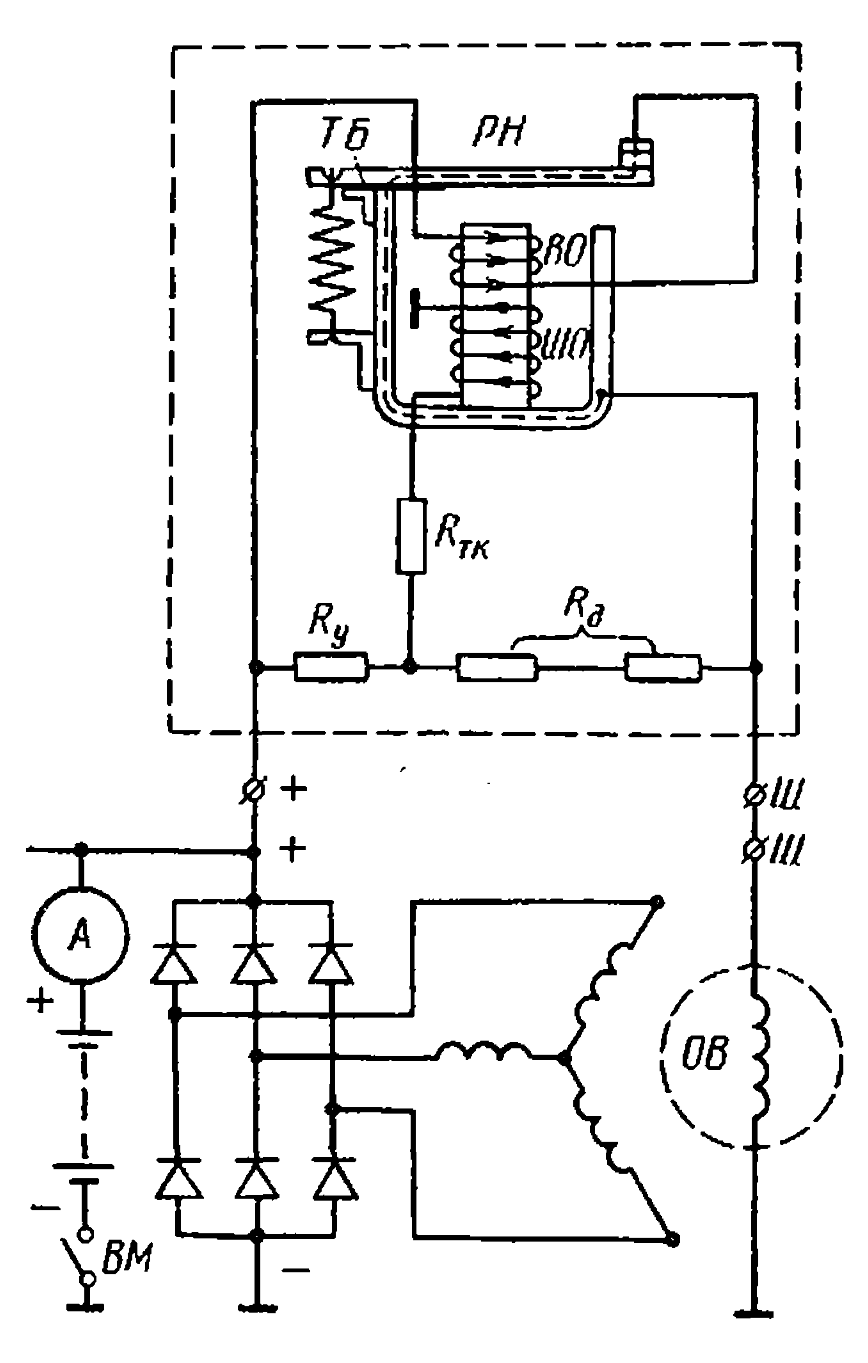


Рис. 61. Электрическая схема соединений регулятора напряжения РР127:

«+»—*Ш* — обозначения выводных зажимов; *РН* — регулятор напряжения; *ШО* — шунтовая обмотка; *ВО* — выравнивающая обмотка; *ТБ* — термобиметаллическая пластина (серьга); $R_{тк}$ — термокомпенсирующий резистор; $R_у$ — ускоряющий резистор; $R_д$ — резисторы добавочного сопротивления; *ВМ* — выключатель массы (батареи); *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

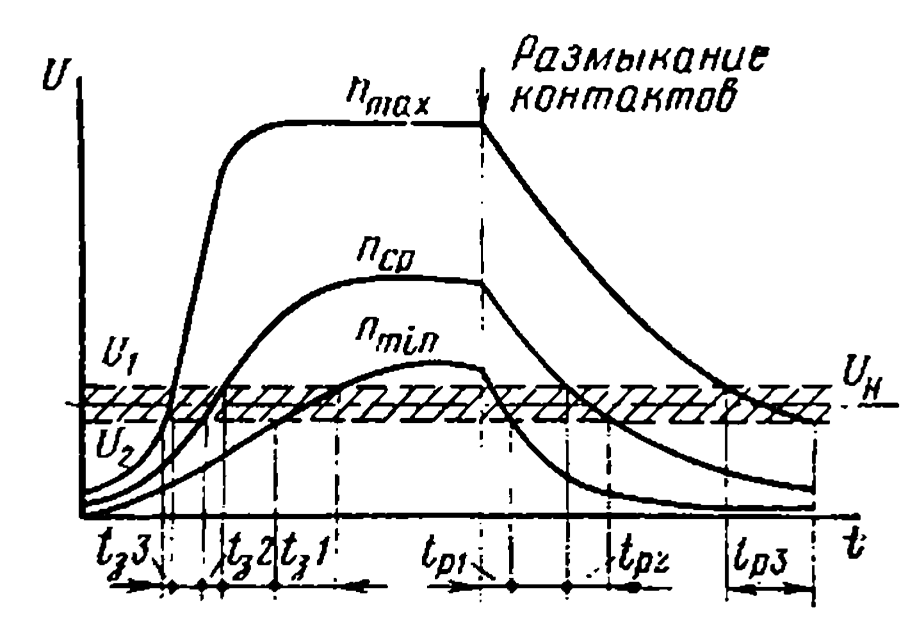


Рис. 62. Кривые нарастания и сброса напряжения генератора при различных частотах вращения генератора:

n_{max}, $n_{ср}$, n_{min} — максимальная, средняя и минимальная частота вращения генератора; U_1, U_2 — верхний и нижний пределы напряжения генератора: $U_н$ — среднее значение регулируемого напряжения; $t_{з1}$, $t_{з2}$, $t_{з3}$ — время замкнутого состояния контактов соответственно при минимальной, средней и максимальной частоте вращения генератора; $t_{р1}$, $t_{р2}$ $t_{р3}$ — время разомкнутого состояния контактов регулятора напряжения

гулятора напряжения — масса— зажим «—» аккумуляторной батареи. Однако намагничивание сердечника недостаточно, чтобы притянуть якорек.

Ток возбуждения генератора замыкается по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим «+» генератора и регулятора напряжения — выравнивающая обмотка *ВО* — нормально замкнутые контакты регулятора напряжения — зажимы *Ш* регулятора напряжения и генератора — изолированная щетка и контактное кольцо ротора генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — контактное кольцо и массовая щетка ротора генератора — масса—зажим «—» аккумуляторной батареи. При работе генератора, когда его напряжение становится выше, чем э. д. с. аккумуляторной батареи, источником тока становится генератор. В этом случае пути тока шунтовой обмотки регулятора напряжения и тока возбуждения генератора будут прежние, но ток исходит из зажима «+» генератора (содержащего встроенное выпрямительное устройство) и возвращается на массу к зажиму «—» генератора. Одновременно генератор питает потребителей и заряжает аккумуляторную батарею.

По мере увеличения частоты вращения ротора генератора его напряжение растет и намагничивающая сила шунтовой обмотки *ШО* регулятора, равная произведению тока на число витков шунтовой обмотки, также увеличивается, а вместе с ней увеличивается магнитный поток и магнитное усилие, действующее на якорек. Когда напряжение достигнет регулируемой величины 27,4—30,2 В, магнитное усилие становится больше, чем противодействующая сила пружины, якорек притягивается к сердечнику и контакты регулятора напряжения размыкаются. В этот момент в цепь обмотки возбуждения генератора включаются последовательно соединенные добавочные и ускоряющие резисторы $R_у$ и $R_д$ с общим сопротивлением 128+30+30=188 Ом и ток возбуждения замыкается по пути: зажимы «+» генератора и регулятора напряжения — ускоряющий резистор $R_у$=30 Ом — добавочные резисторы $R_д$=30 Ом и 128 Ом — зажимы *Ш* регулятора и генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — зажим «—» (корпус) генератора. Вследствие резкого повышения сопротивления цепи возбуждения ее ток, намагничивающая сила и созданный ею магнитный поток возбуждения генератора уменьшаются, а следо-

вательно, уменьшаются электродвижущая сила фазных обмоток и выпрямленное напряжение генератора (рис. 62).

Если бы контакты регулятора напряжения остались разомкнутыми, напряжение упало бы значительно ниже нормального. Однако этого практически не происходит, так как при уменьшении напряжения ниже нормального магнитная сила, притягивающая якорек, уменьшается, и пружина замыкает контакты регулятора напряжения вновь. Вследствие этого добавочные $R_д$ и ускоряющий $R_у$ резисторы выключаются из цепи обмотки возбуждения и ток возбуждения и напряжение генератора вновь начинают увеличиваться до тех пор, пока контакты регулятора напряжения снова не разомкнутся. Указанный процесс повторяется периодически.

В течение всего времени работы генератора контакты регулятора напряжения замыкаются и размыкаются с большой частотой, а регулируемое напряжение колеблется около нормальной величины.

При частоте замыкания и размыкания контактов, равной или большей 30 Гц колебания напряжения практически незаметны и при включенной параллельно генератору аккумуляторной батарее выпрямленное напряжение поддерживается постоянным, и равным среднему значению регулируемого напряжения.

Скорость нарастания напряжения при замыкании контактов, а также скорость убывания напряжения при размыкании контактов зависит от частоты вращения ротора генератора. Чем больше частота вращения ротора генератора, тем выше скорость нарастания напряжения при замкнутых контактах и наоборот, тем медленнее происходит спад напряжения генератора при разомкнутых контактах (рис. 62). Это означает, что с увеличением частоты вращения ротора генератора время замкнутого состояния контактов $t_з$ уменьшается, а время разомкнутого состояния контактов $t_р$ увеличивается. Следовательно, с увеличением частоты вращения, в цепь обмотки возбуждения генератора добавочное сопротивление (т. е. сумма сопротивлений резисторов $R_у$ и $R_д$) включается на большее время, что вызывает уменьшение тока возбуждения, магнитного потока возбуждения, а следовательно, напряжение генератора поддерживается постоянным, несмотря на увеличение частоты вращения ротора.

Величину суммарного сопротивления резисторов $R_д$ и $R_у$, включаемых параллельно контактам регулятора напряжения, подбирают из условия поддержания регулятором нормальной величины регулируемого напряжения при заданной максимальной частоте вращения ротора генератора. При этом нагрузка генератора принимается минимальная, обусловленная теми потребителями электроэнергии, которые могут быть включены в условиях дневной езды с максимальной скоростью движения автомобиля.

Кроме того, резисторы $R_д$ и $R_у$ выполняют роль искрогасительных сопротивлений, включенных между контактами регулятора напряжения, уменьшая искрение при их размыкании.

Повышение частоты вибрации контактов до необходимого уровня, при котором колебания регулируемого напряжения становятся незаметными, обеспечивается включением шунтовой обмотки регулятора напряжения по схеме «ускоряющего сопротивления». Шунтовую обмотку регулятора напряжения одним концом включают на массу, а другим — к точке соединения резисторов $R_у$ и $R_д$. При замкнутых контактах регулятора через ускоряющий резистор с сопротивлением $R_у$=30 Ом проходит только ток шунтовой обмотки регулятора напряжения незначительной величины (порядка 0,17 А). Следовательно, напряжение на шунтовой обмотке регулятора будет меньше напряжения генератора на величину падения напряжения на резисторе $R_у$. Эта величина равна произведению силы тока 0,17 А на сопротивление $R_у$=30 Ом и составляет примерно 5 В.

При разомкнутых контактах регулятора напряжения через резистор $R_у$ пройдет не только ток шунтовой обмотки регулятора, но и ток возбуждения генератора. При этом падение напряжения на резисторе $R_у$ резко возрастет и, следовательно, на эту величину уменьшается напряжение на обмотке регулятора напряжения. В результате значительно уменьшаются ток шунтовой обмотки *ШО* регулятора напряжения и сила магнитного притяжения якорька, и пружина обеспечиваст более быстрое обратное замыкание контактов. Таким образом, частота вибрации контактов увеличивается до 150—250 Гц и соответственно уменьшается амплитуда колебаний напряжения генератора.

Выравнивающая обмотка *ВО* регулятора напряжения служит для компенсации увеличения напряжения генератора с увеличением частоты вращения ротора генератора, которое вызывается включением шунтовой обмотки по схеме ускоряющего сопротивления. Выравнивающую обмотку наматывают на сердечник регулятора напряжения в том же направлении намотки, что и шунтовую обмотку. Эта обмотка состоит из небольшого числа витков медного провода, включенного последовательно с контактами регулятора напряжения. Поэтому магнитный поток, создаваемый выравнивающей обмоткой, невелик. Выравнивающая обмотка *ВО* включена встречно по отношению к шунтовой обмотке *ШО* регулятора напряжения. Следовательно, магнитный поток выравнивающей обмотки действует навстречу магнитному потоку основной шунтовой обмотки регулятора напряжения и уменьшает его на небольшую величину, вследствие чего напряжение генератора повышается.

При малой частоте вращения ток возбуждения генератора, проходящий по выравнивающей обмотке, имеет наибольшую величину. Следовательно, действие выравнивающей обмотки и повышение напряжения генератора будет наибольшим. С увеличением частоты вращения ток возбуждения, а следовательно, и размагничивающее действие выравнивающей обмотки уменьшаются, вследствие чего она повышает напряжение генератора на меньшую величину и тем самым способствует выравниванию на-

пряжения генератора, которое при отсутствии выравнивающей обмотки повышалось бы с увеличением частоты вращения.

Температурная компенсация регулятора напряжения. Регулируемое напряжение должно поддерживаться в заданных пределах независимо от температуры окружающей среды и нагрева обмоток регулятора напряжения. Однако при нагреве шунтовой обмотки, состоящей из медного провода, сопротивление ее, как известно, увеличивается и определяется следующей формулой:

$$R_{ш.о.г} = R_{ш.о.х}(1 + \alpha\tau),$$

где $R_{ш.о.х}$ — сопротивление шунтовой обмотки в холодном состоянии, Ом; $R_{ш.о.г}$ — сопротивление шунтовой обмотки в горячем состоянии, Ом; α — температурный коэффициент сопротивления, равный для меди, примерно, $0{,}004 \frac{1}{°C}$; τ — превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °C.

При превышении температуры, равном, например 75°C (над первоначальной температурой +20°C), сопротивление шунтовой обмотки регулятора РР127 увеличивается со 100 до 130 Ом, т. е. на 30%. Если бы суммарное сопротивление цепи шунтовой обмотки определялось только сопротивлением самой обмотки, намотанной медным проводом, то возрастание ее сопротивления на 30% соответственно уменьшило бы на 30% ток шунтовой обмотки, а следовательно, уменьшился бы магнитный поток и магнитное усилие сердечника регулятора. В результате напряжение, при котором будут размыкаться контакты регулятора, повысится, так как прежняя величина магнитного усилия, необходимая для преодоления противодействующего усилия пружины якорька, может быть достигнута лишь при прежнем значении тока шунтовой обмотки, т. е. после увеличения напряжения генератора на 30% или примерно до 35—39 В. Подобное увеличение напряжения является недопустимым, так как вызывает аварийное состояние в системе электрооборудования автомобиля: перезарядку аккумуляторных батарей и резкое сокращение срока их службы, перекал спиралей и снижение срока службы ламп накаливания, окисление контактов прерывателей, искажение показаний приборов и т. д.

Для компенсации описанного вредного явления в реле-регуляторе РР127 применяют резистор температурной компенсации $R_{тк}$, выполненный из нихрома, и подвеску якорька регулятора на термобиметаллической серьге ТБ (см. рис. 61).

С увеличением температуры шунтовой обмотки, например на 75°C (с +20°C до +95°C), нихромовый резистор $R_{тк}$=40 Ом практически не изменяет своей величины. Ускоряющий резистор $R_{у}$=30 Ом, выполненный также из нихрома и включенный последовательно с шунтовой обмоткой, помимо ускорения колебаний якорька, также играет роль термокомпенсирующего резистора. Поэтому суммарное сопротивление цепи шунтовой обмотки регулятора с повышением температуры будет увеличиваться с исход-

ной величины 100+40+30=170 Ом до величины 100 (1+0,004×
×75)+40+30=200 Ом, т. е. всего на 17%. В таком же отношении возрастет и регулируемое напряжение генератора.

Таким образом, применение термокомпенсирующих резисторов ограничило возрастание напряжения при нагреве регулятора напряжения меньшей величиной (17% вместо 30%), но не дало полной термокомпенсации.

Для дальнейшего ограничения возрастания регулируемого напряжения с увеличением температуры, наряду с включением в цепь шунтовой обмотки термокомпенсирующих резисторов, применяют подвеску якорька реле на термобиметаллической серьге *ТБ*, состоящей из двух сваренных между собой пластин — инвара марки ЭН-36 (сплав 63% железа, 36% никеля и других металлических добавок) и латуни либо хромоникелевой или молибденоникелевой стали. Инвар обладает малым температурным коэффициентом линейного теплового расширения, равным $1.10^{-10}\frac{1}{°C}$, и поэтому образует пассивную сторону термобиметаллической пластины. Латунь или хромоникелевая или молибденоникелевая стали обладают большим температурным коэффициентом линейного расширения, равным $17—20\cdot10^{-6}\frac{1}{°C}$, и образуют активную часть термобиметаллической пластины. Термобиметаллическую пластину одним концом прикрепляют к якорьку, а другим концом — посредством заклепок и уголка — к ярму магнитопровода, активной стороной к якорьку, а пассивной стороной к сердечнику реле. Термокомпенсация регулируемого напряжения посредством термобиметаллической серьги осуществляется следующим образом.

При увеличении температуры окружающей среды, а также температуры обмоток и деталей регулятора напряжения, термобиметаллическая серьга деформируется, стремясь изогнуться в сторону сердечника. Но так как конец ее прикреплен к якорю реле, то изогнуться она не может, вследствие чего на якорь будет действовать сила, направленная к сердечнику реле и противодействующая силе пружины. Суммарное усилие пружины и термобиметаллической пластины (серьги) при увеличении окружающей температуры уменьшается и тем самым компенсируется уменьшение магнитной силы притяжения якоря к сердечнику вследствие нагрева обмотки, так что величина регулируемого напряжения остается прежней.

Термокомпенсирующее сопротивление иногда выполняют не в виде отдельного резистора, а в виде составной нихромовой части шунтовой обмотки, наматывая нихромовый провод на сердечник в виде ее продолжения. В этом случае термокомпенсирующее сопротивление хотя и существует, но на схеме не показывается.

В регуляторе напряжения РР127 (и в других реле-регуляторах) резисторы $R_у$, $R_д$, $R_{тк}$ выполняют из нихромового провода марки Х15Н60, намотанного на шнур из стекловолокнита, пропитанный кремнийорганическим лаком, и размещают в его основании.

Таблица 5

Регулировочные данные вибрационных реле-регуляторов

Параметры	РР310	РР127	РР115	РР115-В	РР380
Номинальное напряжение, В	14	28	14	14	14
Реле включения					
Зазор между якорем и сердечником:					
при разомкнутых контактах, мм	0,5—0,6	—	0,5—0,6	0,5—0,6	—
при замкнутых контактах, мм	0,2—0,3	—	0,2—0,3	0,2—0,3	—
Напряжение срабатывания при температуре окружающего воздуха 20±±5° С, В	6—9	—	6—9	6—9	—
Регулятор напряжения					
Зазор между якорем и сердечником при замкнутых контактах, мм	1,2—1,4	0,2—0,35	1,4—1,5	1,4—1,5	1,4—1,5
Регулируемое напряжение при температуре регулятора и окружающей среды 20±5° С:					
при токе нагрузки, А	10	10	20	20	7—10 на I ступени и 25—30 на II ступени
частоте вращения, об/мин	4300	2500	3000	3000	5000
должно быть в пределах, В	13,8—14,8	27,4—30,2	14—15	14—15	13,9—14,5 на II ступени; на I ступени на 0,4—0,7 В меньше
Масса реле-регулятора, кг	0,5	0,75	1,4	0,65	0,42

Основные параметры и обмоточные данные регулятора напряжения РР127 приведены в табл. 5 и 6.

Реле-регулятор РР310 предназначен для работы с автомобильным генератором Г502 номинальным напряжением 14 В и максимальным током 30 А, устанавливаемым на автомобилях «Запорожец» ЗАЗ-965А, -966 и -968. Реле-регулятор—двухэлементный, содержит одноступенчатый вибрационный регулятор напряжения *РН* (рис. 63) и реле включения *РВ* и должен работать в однопроводной схеме с присоединением минуса на массу.

На рис. 64 изображена электрическая схема реле-регулятора РР310. Конструкция и схема соединений регулятора напряжения РН аналогична регулятору напряжения РР127, но регулятор выполнен на номинальное напряжение 14 В и в связи с этим вели-

Таблица 6

Обмоточные данные и величины сопротивлений вибрационных реле-регуляторов

Параметры	РР310	РР127	РР115 РР115-В	РР380
Основная обмотка реле включения:				
число витков	3000±10		2800±10	—
марка и диаметр провода, мм	ПЭВ-2, 0,17		ПЭВ-2, 0,19	
сопротивление, Ом	110±6		83±8	
Основная обмотка регулятора напряжения:				
число витков	1150±10	3300±10	1150±10	870
марка и диаметр провода, мм	ПЭВ-2, 0,29	ПЭЛ, 0,19	ПЭВ-2, 0,29	ПЭВ, 0,32
сопротивление, Ом	18±1	100±8	17,5±1	8,8
Выравнивающая обмотка регулятора напряжения:				
число витков	40 42	60	50	-
марка и диаметр провода, мм	ПЭВ-2, 0,8	ПЭЛ, 0,62	ПЭВ-2, 0,72	
сопротивление, Ом	Незначительное			
Добавочный резистор:				
тип	Проволочный на шнуре из стекловолокна			
марка и диаметр провода, мм	М-Х15Н60, 0,10	М-Х15Н60, 0,10	М-Х15Н60, 0,20	—
сопротивление, Ом	60±5	2 шт. 128 и 30 последовательно	65±5,2	5,5 (2 шт.)
Ускоряющий резистор:				
тип	Проволочный на шнуре из стекловолокна			
марка и диаметр провода, мм	М-Х15Н60, 0,20	М-Х15Н60, 0,10	М-Х15Н60, 0,20	—
сопротивление, Ом	13±1	30±2,4	13±1	
Термокомпенсирующий резистор:				
тип	Нет	Проволочный на шнуре из стекловолокна	Нет	—
марка и диаметр провода, мм	—	М-Х15Н60, 0,10	—	—
сопротивление, Ом	—	40±3,2	—	11
Дроссель:	Нет	Нет	Нет	
число витков	—	—	—	34
диаметр провода, мм	—	—	—	0,55
сопротивление, Ом	—		—	0,09

чина сопротивления резисторов равна $R_у = 13$ Ом и $R_д = 60$ Ом.

Шунтовая обмотка *ШО* регулятора напряжения включена так же, как и РР127 по схеме «ускоряющего сопротивления»; выравнивающая обмотка *ВО* включена последовательно с контактами регулятора и действует встречно по отношению к шунтовой обмотке *ШО*.

Реле включения *РВ* имеет одну шунтовую обмотку *ШО*, включенную на полное напряжение, т. е. между зажимом *Б* («+» ба-

тареи) и массой. Реле включения имеет нормально разомкнутые серебряные контакты для включения главной цепи.

Описанная конструкция элементов реле-регулятора РР310 — регулятора напряжения и реле включения — аналогична таковой в базовом типе реле-регулятора РР24, применяемом с генераторами постоянного тока, и является типовой для всех остальных вибрационных реле-регуляторов, описанных ниже, а также и для РР127.

Регулятор напряжения *РН* и реле включения *РВ* монтируют на общем основании и закрывают крышкой. Для подсоединения реле-регулятора к генератору и аккумуляторной батарее служат выводные зажимы *Б* (батарея), *ВЗ* (выключатель зажигания), *В* (выпрямитель) и *Ш* (обмотка возбуждения генератора). Обозначения выводных зажимов одинаковы на большинстве типов реле-регуляторов.

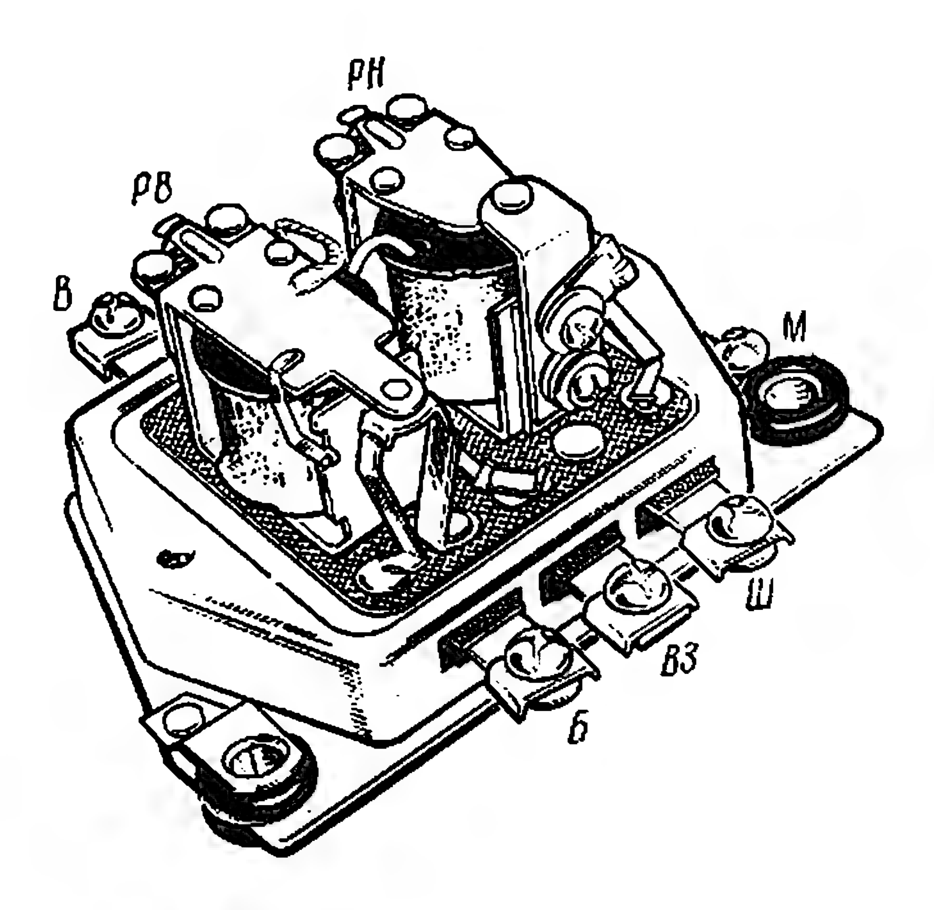


Рис. 63. Общий вид реле-регулятора РР-310 со снятой крышкой

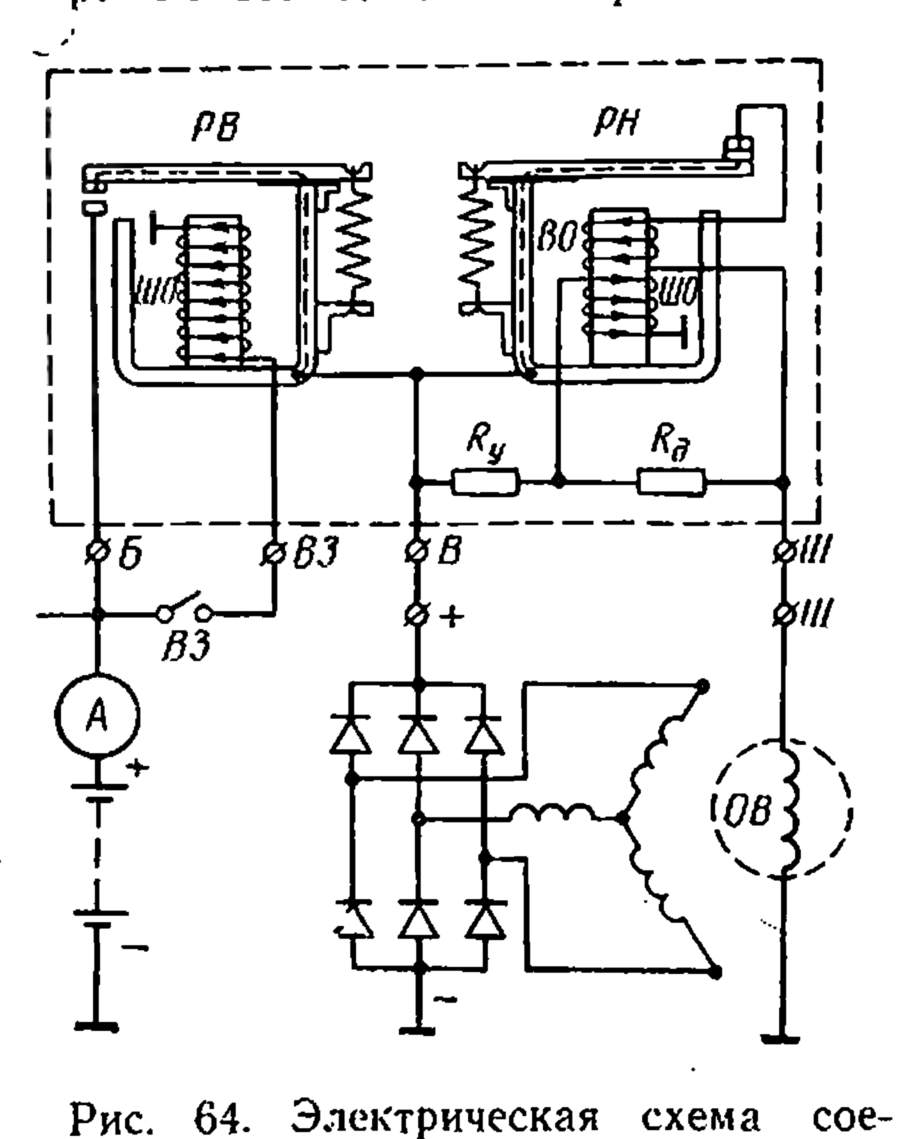


Рис. 64. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР310:

Б, *ВЗ*, *В* и *Ш* — обозначения выводных зажимов реле-регулятора; *РВ* — реле включения; *РН* — регулятор напряжения; *ШО* — шунтовая обмотка реле и регулятора напряжения; *ВО* — выравнивающая обмотка регулятора напряжения; $R_д$ — добавочный резистор; $R_у$ — ускоряющий резистор; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

Р а б о т а р е л е в к л ю ч е н и я. При неработающем генераторе и выключенном зажигании контакты реле включения удерживаются в разомкнутом состоянии усилием пружины якорька и таким образом реле-регулятор и обмотка возбуждения генератора отключены от аккумуляторной батареи.

При включении зажигания замыкаются контакты *ВЗ*[1] и обмотка *ШО* реле включения *РВ* подключается к аккумуляторной батарее. Ток, возникший в об-

[1] Реле-регуляторы включаются добавочными контактами ВЗ при наличии системы зажигания. На дизельных автомобилях, у которых система зажигания отсутствует, обычно применяется такой же включатель зажигания с ключом, который используется только для включения контрольно-измерительных приборов, стартера и цепей реле-регулятора, в связи с чем его называют включателем приборов и стартера.

мотке *ШО* под действием напряжения батареи, создает магнитный поток в сердечнике реле. Возникающее при этом магнитное усилие притягивает якорек реле к сердечнику и вследствие этого замыкаются контакты реле включения.

При замкнутых контактах реле включения, под действием напряжения аккумуляторной батареи через обмотку возбуждения генератора начинает протекать ток, замыкающийся по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим *Б* реле-регулятора — замкнутые контакты реле включения *РВ* — якорек и ярмо реле включения — ярмо и нормально замкнутые контакты регулятора напряжения *РН* — выравнивающая обмотка *ВО* — зажим *Ш* реле-регулятора — зажим *Ш* генератора — изолированная щетка и контактное кольцо генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — контактное кольцо и массовая щетка генератора (на рис. 64 контактные кольца и щетки не показаны) — масса—зажим «—» аккумуляторной батареи.

Одновременно через шунтовую обмотку *ШО* регулятора напряжения *РН* протекает ток, замыкающийся по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — контакты реле включения *РВ* —ярмо реле включения — ускоряющий резистор $R_у$ — обмотка *ШО* регулятора напряжения *РН* — масса и «—» аккумуляторной батареи.

Под действием напряжения аккумуляторной батареи протекает также небольшой обратный ток через выпрямитель, замыкающийся по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — контакты, якорек и ярмо реле включения *РВ* — зажим *В* регулятора напряжения — зажим «+» встроенного выпрямителя — последовательно соединенные выпрямительные элементы (по трем параллельным ветвям) — масса — зажим «—» аккумуляторной батареи.

При включении контактов *ВЗ* зажигания сила тока разряда аккумуляторной батареи только на генераторную установку (при исправном выпрямителе) может составлять около 2,4 А. Этот ток равен сумме токов: шунтовой обмотки реле включения 0,1 А, шунтовой обмотки и резисторов $R_у$ и $R_д$ регулятора напряжения — 0,5 А, обмотки возбуждения генератора — 1,5 А и обратного тока выпрямителя — 0,3 А.

Напряжение, при котором замыкаются контакты реле включения (напряжение включения), должно быть в пределах 6—9 В. При остановке двигателя выключением выключателя зажигания *ВЗ* реле включения размыкается и предупреждает разряд батареи на генераторную установку во время стоянки автомобиля.

Требования к ограничению возрастания напряжения включения при нагреве обмотки у реле включения менее жесткие, чем у регуляторов напряжения. Поэтому у реле включения в большинстве случаев достаточно одного термокомпенсирующего сопротивления, включенного последовательно с медной шунтовой обмоткой. Поэтому в реле включения термокомпенсация осуществлена несколькими витками нихромового провода, намотанными

на сердечник в виде продолжения шунтовой обмотки реле, а серьга, на которой подвешен якорек, изготовлена из листовой стали или бронзы и в термокомпенсации не участвует.

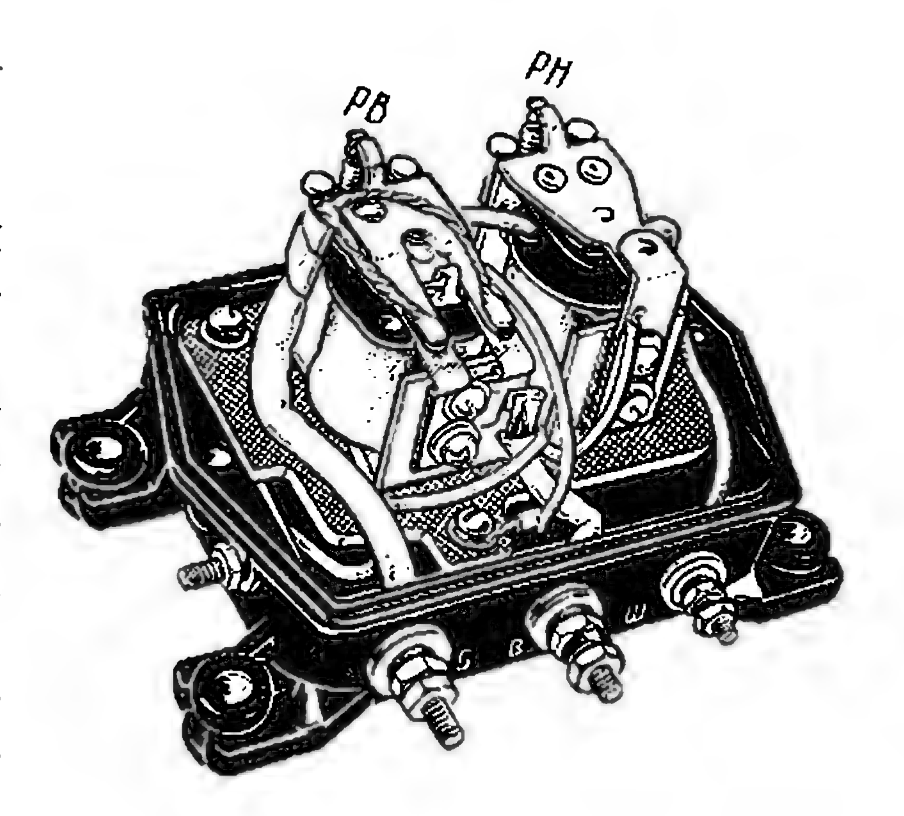


Рис. 65. Общий вид реле-регулятора РР115 со снятой крышкой

Работа регулятора напряжения. Регулятор напряжения имеет такую же конструкцию и схему и так же работает, как и РР127.

При увеличении частоты вращения ротора генератора его напряжение возрастает. Когда это напряжение достигнет величины 13,8—14,8 В, возросшая магнитная сила сердечника преодолевает сопротивление пружины и контакты регулятора размыкаются.

Вследствие этого в цепь возбуждения вводится сопротивление резисторов $R_у + R_д = 13 + 60 = 73$ Ом и напряжение генератора падает и одновременно уменьшается и магнитная сила притяжения якорька. Под действием пружины якорек вновь замкнет контакты регулятора напряжения, после чего процесс будет периодически повторяться. Таким образом, контакты регулятора напряжения будут периодически замыкаться и размыкаться с большой частотой, поддерживая выпрямленное напряжение генератора на заданном уровне.

Ускорение колебаний якорька осуществляется включением шунтовой обмотки *ШО* регулятора по схеме ускоряющего сопротивления, т. е. через резистор $R_у$. Возникающее при этом повышение напряжения с увеличением частоты вращения ротора генератора компенсируется действием выравнивающей обмотки *ВО* регулятора. Термокомпенсация регулятора напряжения осуществляется ускоряющим резистором $R_у$ и биметаллической серьгой, на которой подвешен якорек.

Основные параметры реле-регулятора РР310 приведены в табл. 5 и 6.

Реле-регуляторы РР115 и РР115-В предназначены для работы с генераторами Г265 переменного тока напряжением 14 В максимальным током 60 А. Генератор Г265, заменивший собой прежний генератор Г253, работавший в комплекте с селеновым выпрямителем, предназначен для работы в однопроводной схеме при соединении минуса на массу в системе электрооборудования автобусов ПАЗ-652 и ПАЗ-672.

Реле-регуляторы РР115 и РР115-В — двухэлементные (рис. 65), содержат регулятор напряжения *РН* и реле включения *РВ*. Электрическая схема реле-регулятора РР115 (рис. 66, *а*) совершенно подобна схеме РР310 и реле включения *РВ* здесь размыка-

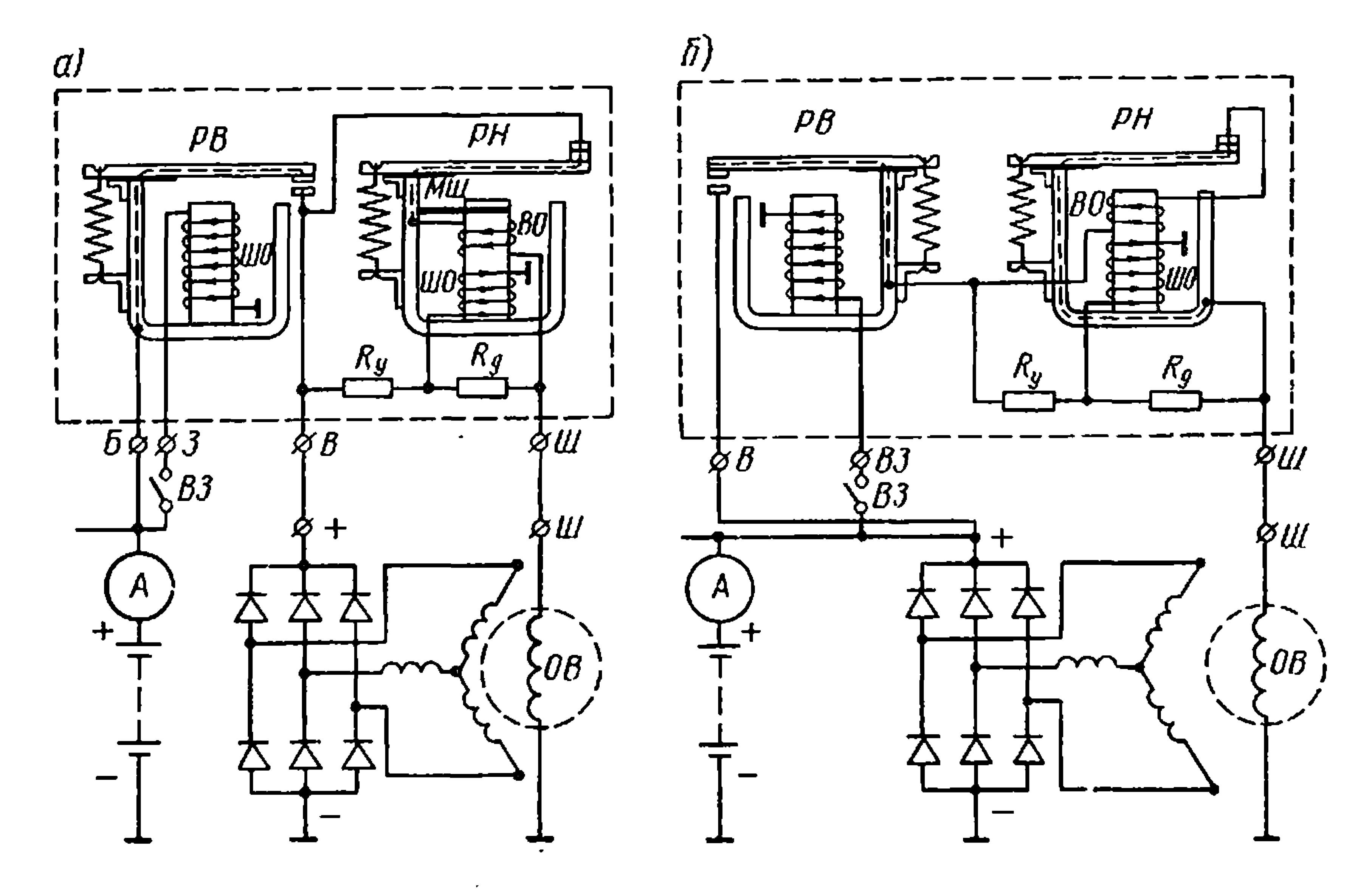


Рис. 66. Электрическая схема соединений:
а — реле-регулятора РР115; *б* — реле-регулятора РР115-В; *Б, З, В, Ш* и *ВЗ* — обозначения выводных зажимов; *РВ* — реле включения; *РН* — регулятор напряжения; *ШО* — шунтовая обмотка; *ВО* — выравнивающая обмотка; $R_у$ — ускоряющий резистор; $R_д$ — добавочный резистор; *ОВ* — обмотка возбуждения

ет главную цепь; вследствие вдвое бо́льшей силы тока реле включения имеет две пары параллельно включенных контактов.

Реле-регулятор РР115-В модернизирован и отличается схемой реле включения (рис. 66, *б*), которое размыкает здесь только цепь возбуждения и обмотки регулятора, что значительно облегчает нагрузку контактов реле и упрощает их конструкцию.

Таким образом, основное отличие реле-регулятора РР115 от реле-регулятора РР115-В заключается в том, что в первом через контакты реле включения проходит весь ток нагрузки генератора, а во втором — лишь ток обмотки возбуждения генератора и ток шунтовой обмотки регулятора напряжения.

Реле включения *РВ* и регулятор напряжения *РН* реле-регулятора РР115 (см. рис. 65) помещены на закрытом основании, отлитом из цинкового сплава. Магнитная система реле и регулятора напряжения аналогична описанным ранее. Контакты реле включения — серебряные, нормально разомкнутые; термокомпенсация реле включения осуществляется подвеской якорька на биметаллической серьге.

Регулятор напряжения имеет вольфрамовые нормально замкнутые контакты. Схема соединения обмоток аналогична таковой у регулятора напряжения РР310.

Параллельно контактам регулятора напряжения включены (рис. 66, *а* и *б*): добавочный резистор $R_д$ (65 Ом) и ускоряющий резистор $R_у$ (13 Ом), соединенные последовательно.

Действие реле включения и регулятора напряжения реле-регуляторов РР115 и РР115-В аналогичны действию тех же элементов реле-регулятора РР310. Но в отличие от последнего в регуляторе напряжения РР115 для улучшения термокомпенсации вместо биметаллической серьги применен термомагнитный шунт МШ (см. рис. 66, *а*), представляющий собой пластинку из сплава 31% никеля и 69% железа и установленный между ярмом и сердечником регулятора напряжения.

Действие термомагнитного шунта заключается в изменении его магнитного сопротивления при повышении температуры. При работе регулятора напряжения магнитный поток между сердечником и ярмом замыкается в основном через якорек и частично через магнитный шунт. Магнитное сопротивление шунта увеличивается с ростом температуры и уменьшается при ее понижении. Вследствие этого при нагреве регулятора магнитный поток, замыкающийся через шунт, уменьшается и основной магнитный поток регулятора замыкается почти весь через якорек. Этим самым частично компенсируется уменьшение общего магнитного потока сердечника из-за уменьшения тока шунтовой обмотки регулятора при ее нагреве, и регулируемое напряжение удерживается в допустимых пределах.

У реле-регулятора РР115-В термокомпенсация осуществляется подвеской якорька регулятора напряжения на биметаллической серьге, т. е. так же, как у описанных выше реле-регуляторов РР127 и РР310. Основные параметры и обмоточные данные реле-регуляторов РР115 и РР115-В приведены в табл. 5 и 6.

Регулятор напряжения РР380 предназначен для работы с автомобильным генератором Г221 переменного тока номинальным напряжением 14 В и максимальной силой тока 42 А, с встроенным кремниевым выпрямителем, по однопроводной схеме с соединением «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей ВАЗ-2101, ВАЗ-2102 и ВАЗ-2103.

В отличие от ранее рассмотренных регулятор напряжения РР380 является двухступенчатым, т. е. имеет две пары контактов, расположенных на якорьке таким образом, что при притяжении якорька к сердечнику сначала размыкается верхняя пара контактов, а затем замыкается нижняя пара контактов.

Регулятор напряжения РР380 (рис. 67) смонтирован на штампованном стальном основании *1*, на котором укреплен также дроссель *5* и двухполюсный штеккерный разъем *6*. Под основанием размещены термокомпенсирующий резистор $R_{тк}$ и два добавочных резистора $R_д$, соединенных параллельно (рис. 68).

Регулятор имеет три зажима. Два зажима в виде штеккерного разъема предназначены: зажим «67» для соединения с обмоткой возбуждения генератора и зажим «15» для соединения с выключателем зажигания. Третий зажим «31» (винтовой) предназначен для соединения с корпусом (массой) генератора.

Магнитная система регулятора подробно описана выше. На сердечнике регулятора намотана только одна шунтовая обмотка

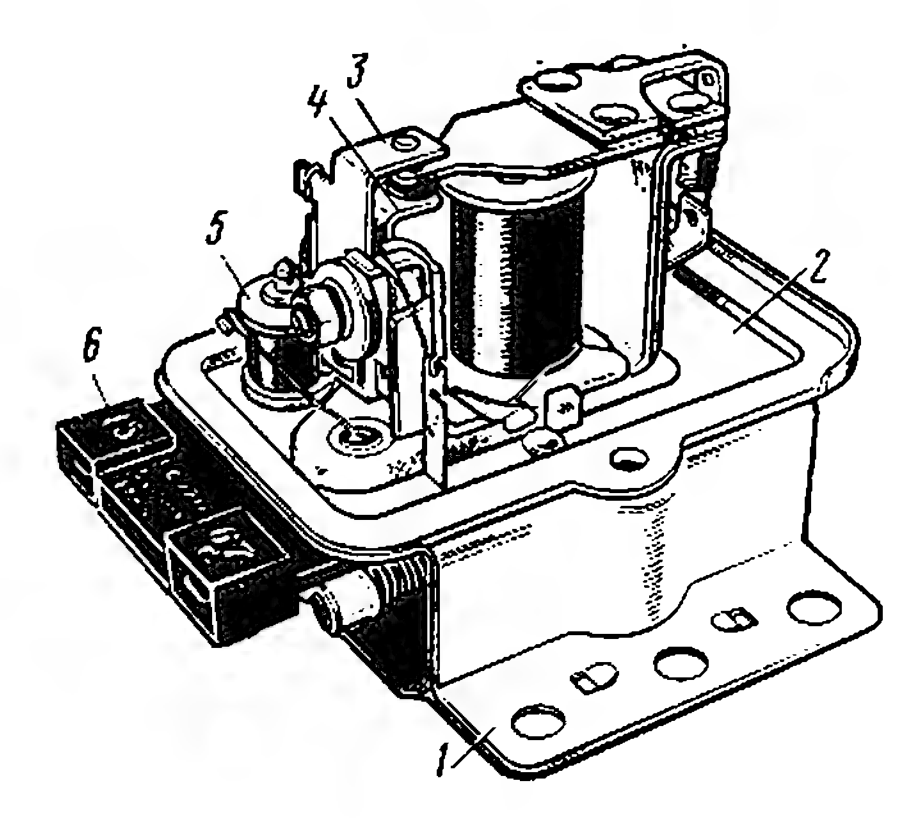


Рис. 67. Общий вид регулятора напряжения РР380 со снятой крышкой:

1 — основание; *2* — изоляционная прокладка; *3* — верхний контакт; *4* — нижний контакт; *5* — дроссель; *6* — штекерный разъем

ШО (рис. 68). На якорьке с обеих сторон расположены два контакта. Неподвижные контакты, верхний и нижний, укреплены на двух контактных стойках.

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания контакты *ВЗ* (рис. 68) замыкаются и в цепи обмотки возбуждения под действием напряжения аккумуляторной батареи возникает ток, замыкающийся по пути: зажим «+» аккумуляторной батареи — контакты *ВЗ* — зажим «15» регулятора напряжения — нормально замкнутая верхняя контактная пара *К1* (первой ступени регулятора) — якорек регулятора напряжения — ярмо регулятора напряжения — зажим «67» регулятора напряжения — зажим «67» генератора — обмотка возбуждения генератора — зажим «—» генератора — масса — зажим «—» аккумуляторной батареи.

В это же время в цепи шунтовой обмотки *ШО* регулятора напряжения возникает ток, замыкающийся по пути: зажим «15» регулятора напряжения — резистор термокомпенсации $R_{тк}$ — шунтовая обмотка *ШО* — зажим «31» регулятора — масса — зажим «—» аккумуляторной батареи.

Величина переходных сопротивлений в цепи возбуждения генератора весьма мала, поэтому ток возбуждения равен максимальной величине. Под действием тока возбуждения в генераторе возникает магнитный поток, который после пуска двигателя при вращении ротора генераторов наводит в обмотках его статора э. д. с.

Если выпрямленное напряжение генератора меньше напряжения аккумуляторной батареи, то она разряжается на обмотку возбуждения током, равным примерно 2,6 А, а также на обмотку регулятора напряжения током, равным примерно 0,45 А. Если при увеличении частоты вращения выпрямленное напряжение превышает напряжение аккумуляторной батареи, то обмотка возбуждения *ОВ* генератора и шунтовая обмотка *ШО* регулятора будут питаться от зажима «15» напряжением генератора. Путь тока будет таким же, как указано выше, но ток будет исходить не из зажима «+» батареи, а из зажима «30» генератора. Процесс регулирования напряжения генератора при работе первой контактной пары *К1* (т. е. на первой ступени) аналогичен работе обычного одноступенчатого регулятора напряжения; но так как добавочное сопротивление двух параллельно включенных резисто-

ров $R_д$ в описываемом регуляторе невелико (5,5 Ом), то предел регулирования напряжения на первой ступени по частоте вращения незначителен и не обеспечивает требуемого скоростного диапазона работы генератора.

Поэтому при увеличении частоты вращения ротора генератора выше некоторого среднего значения, когда напряжение генератора превысит регулируемую величину напряжения на первой ступени, равную 13,4—14,0 В, на 0,4—0,7 В, магнитное притяжение якорька возрастет настолько, что якорек, преодолевая противодействующее усилие пружины, притянется к сердечнику еще ближе, так что контактная пара первой ступени *К1* останется разомкнутой, а контактная пара второй ступени *К2* замкнется. Это приведет к короткому замыканию на массу обмотки возбуждения генератора и к резкому уменьшению тока в ней почти до нуля, что, в свою очередь, вызовет уменьшение напряжения генератора. Магнитное притяжение якорька уменьшится, он отойдет вверх, и контакты *К2* разомкнутся, после чего процесс будет периодически повторяться. Таким образом, при большой частоте вращения ротора регулятор напряжения будет работать на второй ступени: периодически замыкаться и размыкаться будет нижняя пара контактов *К2,* а верхняя пара контактов *К1* будет оставаться все время разомкнутой.

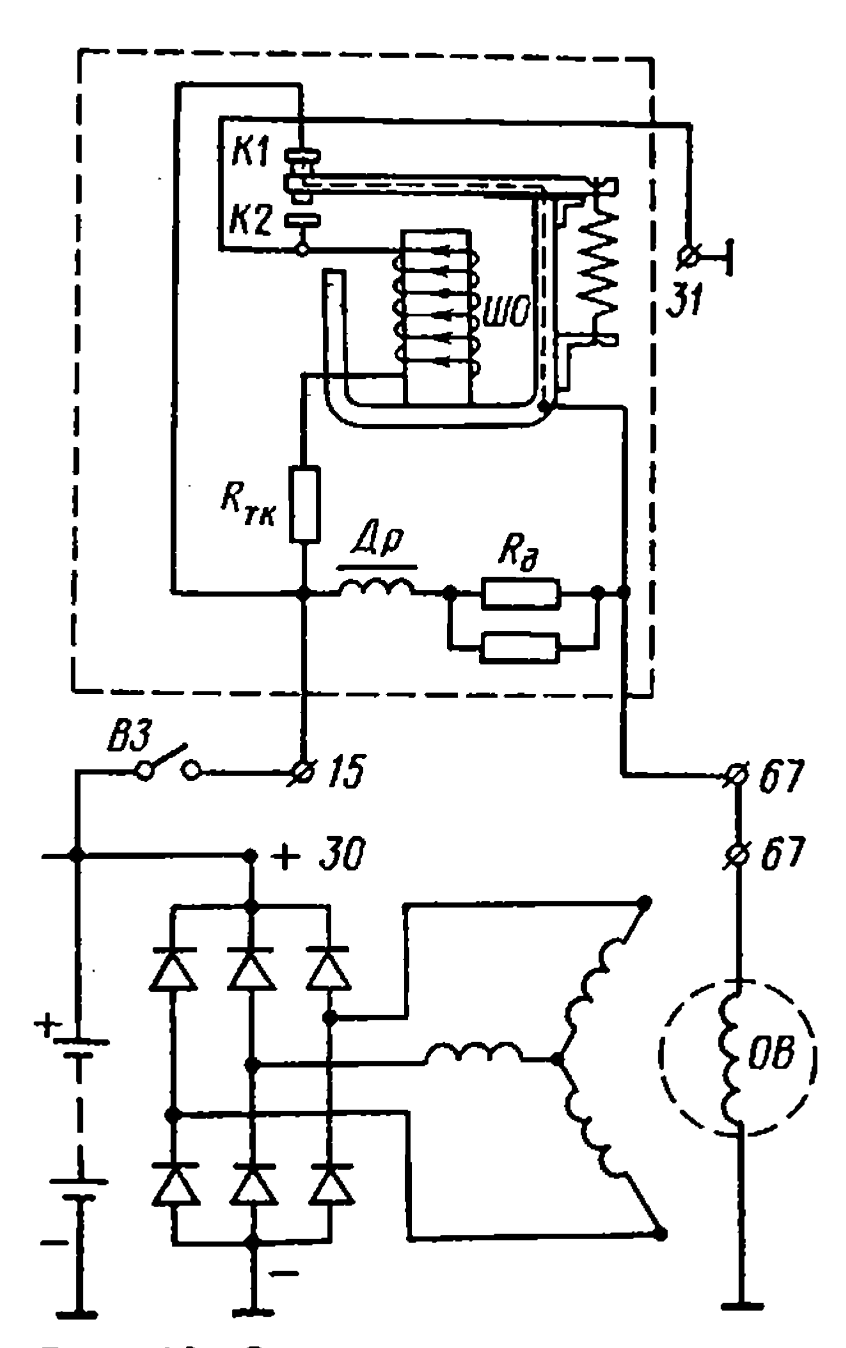


Рис. 68. Электрическая схема соединений регулятора напряжения РР380: «15», «67», «30», «31» — выводные зажимы; *К1* — верхняя пара контактов; *К2* — нижняя пара контактов; *ШО* — шунтовая обмотка регулятора напряжения; $R_д$ — резисторы добавочного сопротивления; *Др* — дроссель; $R_{тк}$ — резистор температурной компенсации; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

Для облегчения условий работы контактов первой ступени *К1* в регуляторе напряжения РР380 применен дроссель *Др,* включаемый последовательно с резисторами $R_д$. Дроссель представляет собой сердечник с разомкнутым магнитопроводом, на котором намотана обмотка из медного провода ∅ 0,55 мм с числом витков, равным 34; сопротивление дросселя равно 0,09 Ом.

Для термокомпенсации в регуляторе напряжения РР380 применен термокомпенсирующий резистор $R_{тк}$ (11 Ом), включенный последовательно с шунтовой обмоткой *ШО* регулятора напряжения, сопротивление которой равно примерно 9 Ом. Одновременно для улучшения термокомпенсации регулятора применена подвеска якорька на термобиметаллической пластине.

Механическая регулировка зазоров между контактами осуществляется перемещением контактных стоек с неподвижными контактами, положение которых фиксируется посредством затяжки крепящих винтов. Основные параметры реле-регулятора РР380 приведены в табл. 5 и 6.

3. Транзисторные регуляторы напряжения

Транзисторные регуляторы являются более совершенными приборами, обеспечивающими бо́льшую точность регулирования и высокую надежность и долговечность, а потому в современных конструкциях автомобильных генераторных установок они вытесняют традиционные вибрационные регуляторы напряжения и реле.

Транзисторные регулирующие устройства делятся на два класса:

а) контактно-транзисторные, в которых органом, реагирующим на повышение напряжения, по-прежнему является вибрационный электромагнитный регулятор напряжения, но контакты последнего замыкают и размыкают цепь базы транзистора, который, в свою очередь, замыкает и размыкает цепь возбуждения генератора. Таким образом ток, размыкаемый контактами вибрационного регулятора, уменьшается в несколько раз и надежность и долговечность такого регулятора напряжения значительно повышается. Обычно такие приборы, кроме электромагнитного вибрационного регулятора напряжения, содержат дополнительные электромагнитные реле защиты, вследствие чего они называются контактно-транзисторными реле-регуляторами;

б) бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения, в которых полностью отсутствуют контакты и электромагнитные реле. В них чувствительным элементом, реагирующим на повышение напряжения, является стабилитрон, открытое или закрытое состояние которого через 1—2 усилительных транзистора воздействует на силовой транзистор, замыкающий и размыкающий цепь возбуждения генератора.

Контактно-транзисторный реле-регулятор РР362. Предназначен для работы с автомобильным генератором Г250 переменного тока напряжением 12 В и силой тока 45 А, с встроенными кремниевыми выпрямителями и его модификациями по однопроводной схеме с соединением «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей.

Реле-регулятор РР362 состоит из собственно регулятора напряжения, в который входит вибрационный одноступенчатый регулятор напряжения *РН* (рис. 69) и усилитель на транзисторе *Т* и реле защиты *РЗ*.

Регулятор напряжения *РН* и реле защиты *РЗ* смонтированы на изоляционной панели. В отсеке, отделенном от электромагнитных элементов перегородкой, имеющейся на внутренней части крышки, расположены транзистор *Т* и два диода: запирающий и

гасящий (не видные на рис. 69). В блоке электромагнитных элементов под панелью расположены резисторы. Реле-регулятор имеет общую крышку из цинкового сплава, разделенную перегородкой на два отделения: для блока электромагнитных элементов и для блока полупроводниковых элементов. Блок электромагнитных элементов уплотнен специальной резиновой прокладкой для защиты от попадания пыли, грязи и т. д. В отделении блока полупроводниковых элементов для улучшения их охлаждения в крышке сделаны отверстия.

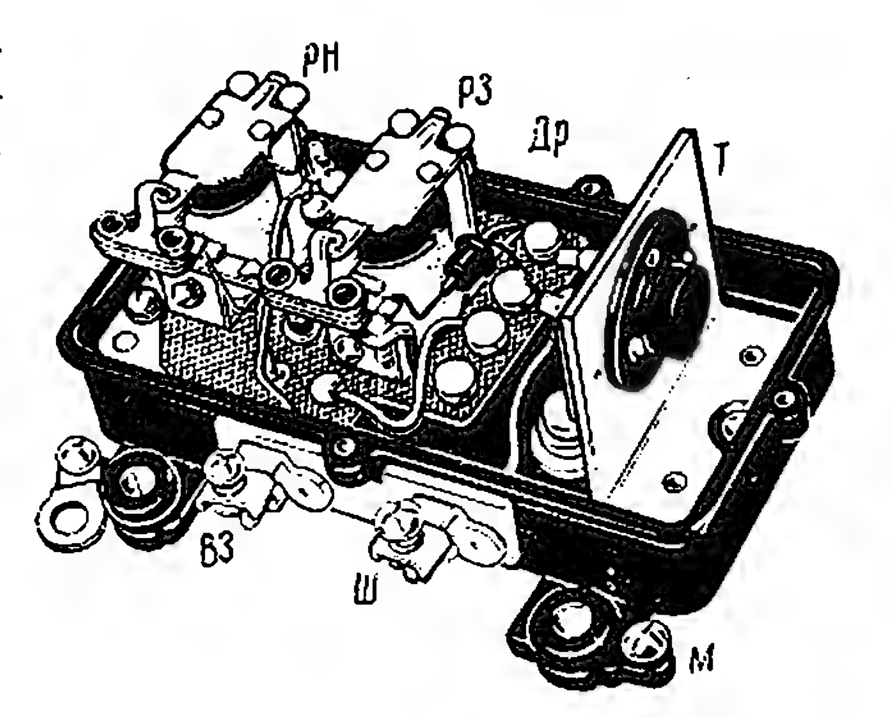
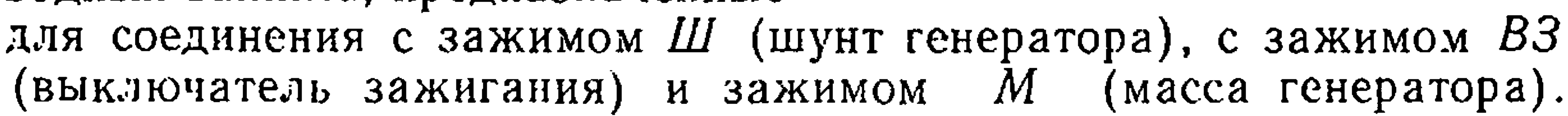


Рис. 69. Общий вид контактно-транзисторного реле-регулятора РР362 со снятой крышкой:

РЗ — реле защиты; *РН* — регулятор напряжения; *Т* — транзистор; *ДР* — разделительный диод; *Ш*, *ВЗ* и *М* — выводные зажимы

Реле-регулятор имеет три выводных зажима, предназначенные для соединения с зажимом *Ш* (шунт генератора), с зажимом *ВЗ*

(выключатель зажигания) и зажимом *М* (масса генератора).

На рис. 70 показана схема электрических соединений этого реле-регулятора.

Магнитные системы регулятора напряжения *РН* и реле защиты *РЗ*, входящих в состав реле-регулятора РР362, аналогичны магнитной системе реле включения ранее описанных в § 2 реле-регуляторов РР310 и РР115-В, поэтому у вибрационного регулятора напряжения *РН* в отличие от регуляторов напряжения, описанных в § 2, контакты нормально разомкнутые, т. е. они при притяжении якорька к сердечнику не размыкаются, а, наоборот, замыкаются. Контакты у регулятора напряжения и реле защиты серебряные.

Регулятор напряжения *РН* (рис. 70) имеет только одну основную (шунтовую) обмотку PH_0, включенную по схеме ускоряющего сопротивления. Добавочное сопротивление $R_д$ регулятора состоит из двух параллельно соединенных резисторов.

Термокомпенсация осуществляется константановыми проволочными сопротивлениями: ускоряющим $R_у$ и термокомпенсирующим $R_{тк}$, намотанными на общий каркас, а также подвеской якорька регулятора напряжения на биметаллической серьге.

Электромагнит вибрационного регулятора *РН* с противодействующей пружиной является чувствительным элементом схемы регулятора, контакты которого, включенные между зажимом *ВЗ* (т. е. «+» генератора) и базой транзистора, управляют режимом работы транзистора, переводя его из режима «открыт» в режим «заперт». Таким образом, контакты регулятора разрывают лишь небольшой ток базы транзистора (не более 0,4 А), а коммутация, т. е. замыкание и размыкание цепи обмотки возбуждения с максимальным током, достигающим 3,5 А, осуществляется непосред-

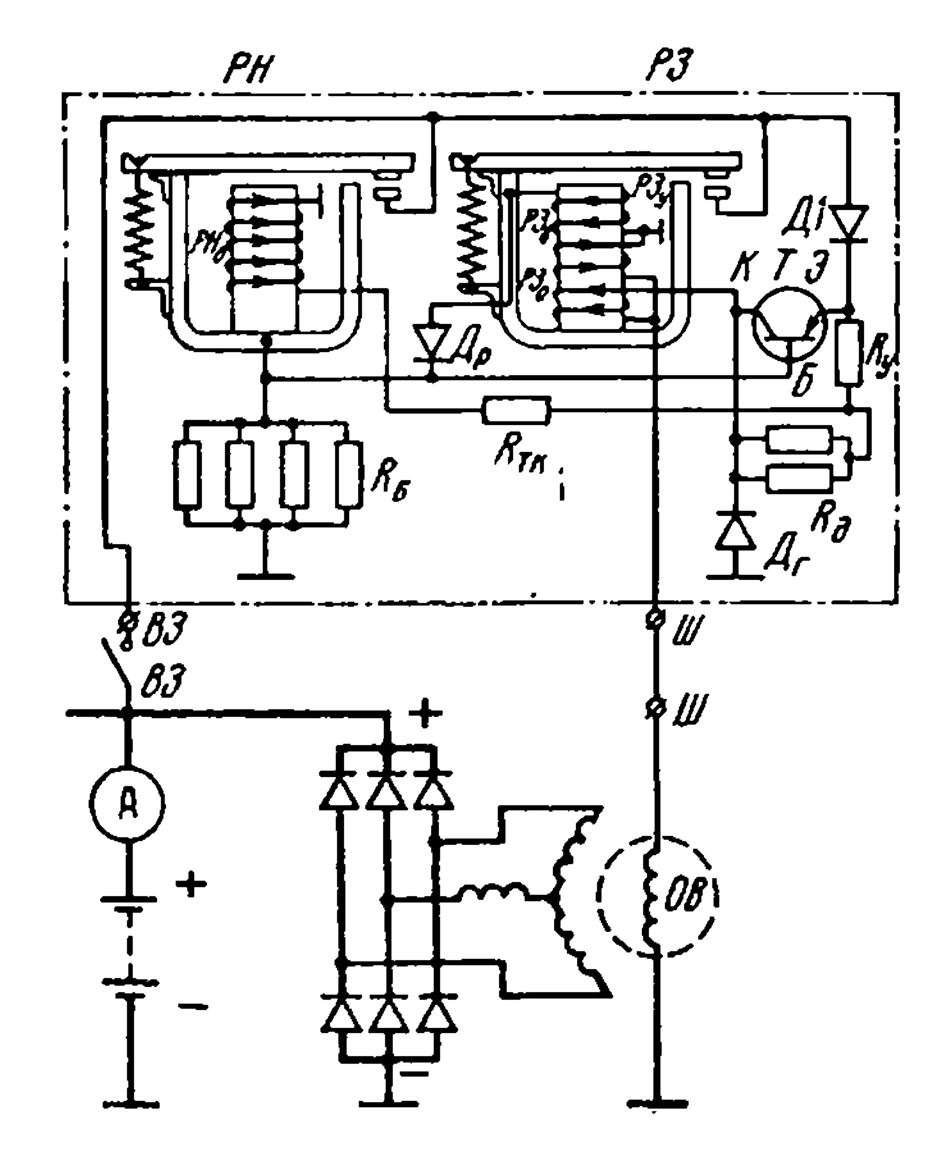


Рис. 70. Электрическая схема соединений контактно-транзисторного реле-регулятора РР362:

ВЗ и *Ш* — выводные зажимы; $Д_г$ — гасящий диод; *Д1* — запирающий диод; $Д_р$ — разделительный диод; *Э, К, Б* — электроды транзистора; эмиттер, коллектор и база; $R_у$, $R_д$ — резисторы ускоряющего и добавочного сопротивления; $R_б$ — резисторы сопротивления базы транзистора; $РН_о$ — основная обмотка регулятора напряжения; $R_{тк}$ — резистор температурной компенсации; $РЗ_о$ — основная обмотка реле защиты; $РЗ_в$ — вспомогательная обмотка реле защиты; $РЗ_у$ — удерживающая обмотка реле защиты; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

ственно транзистором *Т*. Сопротивление базы транзистора $R_б$ состоит из четырех параллельно соединенных резисторов.

Электромагнитное реле защиты *РЗ* и разделительный диод $Д_р$ предназначены для защиты транзистора от коротких замыканий в цепи обмотки возбуждения генератора.

Реле защиты имеет три обмотки: основную (сериесную) обмотку $РЗ_о$, включенную последовательно в цепь возбуждения генератора, вспомогательную обмотку $РЗ_в$, включенную параллельно обмотке возбуждения генератора, и удерживающую обмотку $РЗ_у$. Нормально разомкнутые контакты реле защиты *РЗ* включены через разделительный диод $Д_р$ параллельно контактам регулятора напряжения *РН*.

На рис. 71 изображена развернутая электрическая схема реле-регулятора РР362, по которой удобнее проследить соединение элементов и прохождение тока по цепям схемы. В целях наиболее наглядного изображения электрических цепей эта схема выполнена разнесенным способом, т. е. элементы одного и того же аппарата располагаются в разных местах схемы и опознаются только по одинаковым буквенным обозначениям этих элементов. Параллельно соединенные резисторы на этой схеме изображаются одним общим сопротивлением.

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания выключателем *ВЗ* реле-регулятор подключается к аккумуляторной батарее (рис. 71, *а*); при этом к эмиттерному переходу транзистора *Т* прикладывается напряжение в прямом направлении и через базу транзистора начинает протекать ток $I_б$ по цепи: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим *ВЗ* — запирающий диод *Д1* — эмиттер *Э* транзистора *Т—р—n*-переход транзистора — база *Б* транзистора *Т* — сопротивление базы $R_б$ — зажим *М* (масса) регулятора — «—» аккумуляторной батареи.

Так как потенциал эмиттера выше, чем потенциал базы, то при прохождении тока базы $I_б$ через переход эмиттер — база

происходит резкое уменьшение сопротивления между эмиттером и коллектором и транзистор переходит в режим «открыт», замыкая тем самым цепь обмотки возбуждения генератора.

Теперь ток возбуждения генератора $I_в$ протекает по цепи: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим *ВЗ* — запирающий диод *Д1* — эмиттер *Э* транзистора *Т* — переход эмиттер — коллектор транзистора — коллектор *К* транзистора *Т* — основная обмотка $РЗ_о$ реле защиты — зажим *Ш* регулятора — зажим *Ш* генератора — изолированная щетка и кольцо, — обмотка возбуждения генератора — кольцо и массовая щетка генератора — зажим «—» генератора — «—» аккумуляторной батареи. Одновременно по обмотке $РН_о$ регулятора напряжения протекает ток $I_{рн}$, замыкающийся по цепи: зажим «+» аккумуляторной батареи — зажим *ВЗ* — запирающий диод *Д1* — константановые сопротивления $R_у$ и $R_{тк}$ — основная обмотка $РН_о$ регулятора напряжения — зажим *М* регулятора — «—» аккумуляторной батареи. Описанные выше пути тока при открытом состоянии транзистора показаны на рис. 71, *а* стрелками.

Величины сопротивлений в цепи обмотки возбуждения малы (не превышают 0,7—0,8 Ом), поэтому ток возбуждения почти равен максимальной величине. Под действием тока возбуждения в цепи генератора возникает магнитный поток, который после пуска двигателя при работе генератора наводит его в фазных обмотках э. д. с., выпрямляемые выпрямительным устройством.

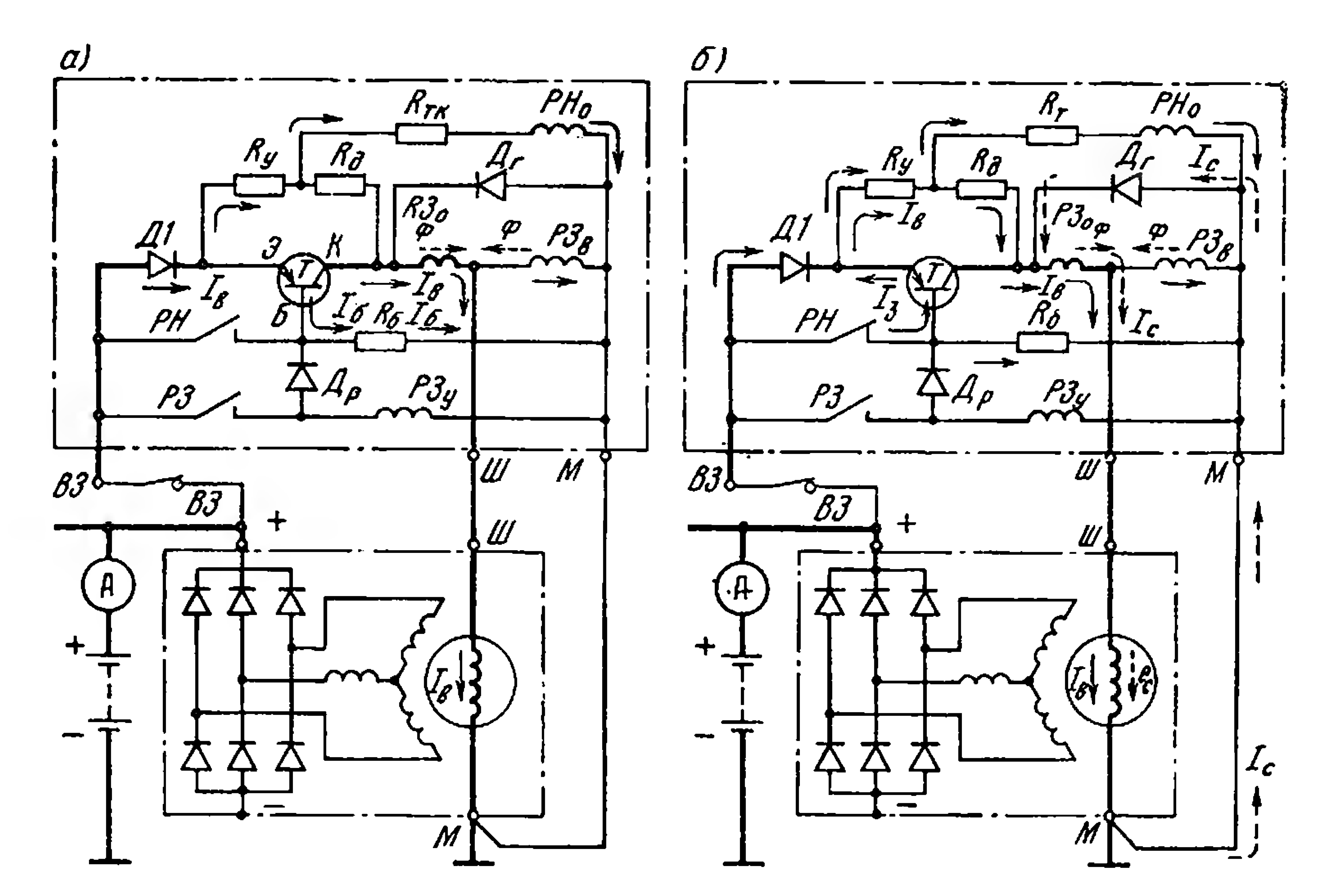


Рис. 71. Прохождение токов в принципиальной схеме реле-регулятора РР362:
а — при разомкнутых контактах регулятора напряжения, соответствующих режиму транзистора «открыт»; *б* — при замкнутых контактах регулятора напряжения, соответствующих режиму транзистора «закрыт»

Если выпрямленное напряжение генератора меньше напряжения аккумуляторной батареи, то аккумуляторная батарея разряжается на обмотку возбуждения генератора и обмотку реле-регулятора, как указано выше. Если же при увеличении частоты вращения ротора генератора выпрямленное напряжение увеличивается и превышает напряжение аккумуляторной батареи, то обмотка возбуждения и реле-регулятор будут находиться под действием напряжения генератора и в описанном выше прохождении тока вместо зажимов «+» и «—» аккумуляторной батареи следует читать «+» и «—» генератора.

Пока выпрямленное напряжение генератора меньше установленной величины, контакты *РН* регулятора напряжения остаются в разомкнутом состоянии. При увеличении выпрямленного напряжения возрастает сила тока в обмотке PH_0 регулятора напряжения, увеличивается намагничивающая сила и магнитный поток этой обмотки и, следовательно, возрастает магнитное усилие, действующее на якорек регулятора напряжения. Когда величина выпрямленного напряжения достигнет 13,8—14,6 В, якорек регулятора под действием магнитного усилия притягивается к сердечнику и контакты *РН* замыкаются (рис. 71, *б*). При этом транзистор запирается, так как его база через замкнутые контакты *РН* и зажим *ВЗ* соединяется с зажимом «+» генератора и аккумуляторной батареи. Потенциал эмиттера в этот момент будет ниже потенциала базы (т. е. потенциала зажима «+») на величину падения напряжения на запирающем диоде *Д1*, обусловленного протеканием тока через диод. Под действием этой разности потенциалов через переход база—эмиттер транзистора *Т* проходит незначительный запирающий (обратный) ток $I_з$ (рис. 71, *б*), обеспечивающий надежное запирание транзистора при повышении температуры окружающей регулятор среды.

При запирании транзистора сопротивление перехода эмиттер—коллектор резко возрастает и вследствие этого ток возбуждения генератора замыкается теперь по цепи (рис. 71, *б*); зажим «+» генератора — зажим *ВЗ* — запирающий диод *Д1* — резисторы $R_у$ и $R_д$ — основная обмотка $РЗ_0$ реле защиты — зажимы *Ш* регулятора и генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — зажим «—» генератора. Таким образом, в цепь обмотки возбуждения включается суммарное сопротивление $R_у+R_д=4{,}5+60=64{,}5$ Ом и ток возбуждения, а следовательно, и напряжение генератора снижаются.

При понижении напряжения генератора уменьшается сила тока, намагничивающая сила, магнитный поток и магнитное усилие сердечника регулятора напряжения *РН*; в результате под действием пружины якорька контакты *РН* регулятора напряжения размыкаются и напряжение генератора вновь повышается до регулируемой величины. Описанный процесс повторяется периодически, и таким образом напряжение генератора, колеблющееся мелкими скачками около установленной величины, поддерживается в заданных пределах.

Повышение частоты размыкания контактов регулятора напряжения *РН* обеспечивается включением обмотки $РН_о$ регулятора по схеме ускоряющего сопротивления как во всех описанных ранее вибрационных электромагнитных регуляторах напряжения.

В момент замыкания контактов *РН* регулятора напряжения из-за резкого снижения тока возбуждения в обмотке возбуждения генератора индуктируется э. д. с. самоиндукции $e_с$, под действием которой возникает ток самоиндукции $I_с$ (изображен на рис. 71, *б* пунктирными стрелками), замыкающийся по контуру: обмотка возбуждения — зажим *М* — гасящий диод $Д_г$ — обмотка $РЗ_о$ — зажим *Ш* регулятора — зажим *Ш* генератора. Этим самым снижается перенапряжение на обмотке возбуждения, которое при отсутствии гасящего диода достигало бы опасной величины (100÷200 В) и могло бы пробить и вывести из строя транзистор.

Таким образом, процесс регулирования аналогичен процессу регулирования напряжения посредством вибрационных регуляторов, описанных выше, но размыкание и замыкание цепи возбуждения производится силовым транзистором *Т*, а контакты регулятора *РН* размыкают небольшой ток — 0,4 А.

Работа реле защиты. Основная (последовательная) обмотка $РЗ_о$ и вспомогательная (шунтовая) обмотка $РЗ_в$ реле защиты включены навстречу, т. е. так, что их магнитные потоки Ф направлены встречно и уравновешиваются (рис. 71). При нормальной работе регулятора напряжения через обмотку $РЗ_о$ протекает ток возбуждения генератора, а через обмотку $РЗ_в$ протекает ток, обусловленный величиной напряжения на зажиме *Ш* регулятора и сопротивления обмотки $РЗ_в$ (показан сплошной стрелкой на рис. 71). Магнитные потоки Ф этих обмоток направлены навстречу друг другу (пунктирные стрелки), поэтому суммарный магнитный поток сердечника реле защиты, а следовательно, и магнитное усилие притяжения якорька малы, и поэтому под действием пружины якорька контакты реле защиты остаются разомкнутыми. В этом случае через удерживающую обмотку $РЗ_у$ реле защиты ток не протекает, так как этому препятствует очень высокое обратное сопротивление разделительного диода $Д_р$.

При случайном или преднамеренном замыкании зажима *Ш* реле-регулятора или зажима *Ш* генератора на массу резко увеличивается сила тока в цепи основной обмотки $РЗ_о$ реле защиты, а ток во вспомогательной обмотке $РЗ_в$ падает до нуля, так как оба конца последней соединяются накоротко через массу. При этом в сердечнике реле защиты магнитный поток вспомогательной обмотки $РЗ_в$ исчезает и остается только магнитный поток основной обмотки $РЗ_о$, магнитное усилие которого притягивает якорек к сердечнику и контакты *РЗ* замыкаются.

В этот момент база транзистора через разделительный диод $Д_р$, контакты *РЗ* и зажим *ВЗ* соединяется с зажимами «+» генератора и аккумуляторной батареи и ее потенциал становится выше, чем потенциал эмиттера. Сопротивление на переходе эмит-

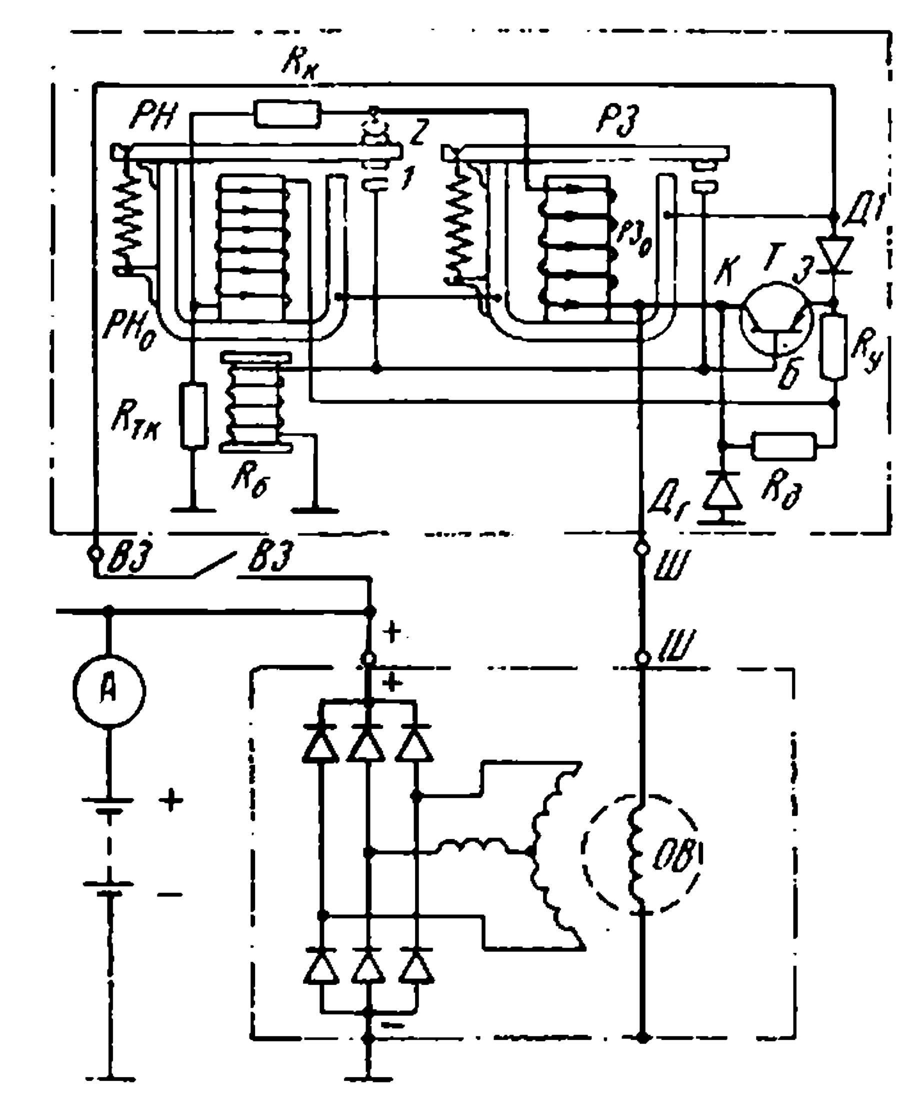


Рис. 72. Электрическая схема соединений модернизированного контактно-транзисторного реле-регулятора РР362:

«+», *ВЗ*, *Ш* — выводные зажимы; *РН* — регулятор напряжения; *РЗ* — реле защиты; *РНо* — основная обмотка регулятора напряжения; *РЗо* — основная обмотка реле защиты; *Т* — транзистор; *Э*, *Б*, *К* — электроды транзистора: эмиттер, база, коллектор; *1* и *2* — нижние и верхние контакты регулятора напряжения; *Д1* — запирающий диод; $Д_г$ — гасящий диод; $R_у$ и $R_д$ — резисторы ускоряющего и добавочного сопротивлений; $R_{тк}$ — термокомпенсирующий резистор; $R_б$ — проволочное сопротивление базы; $R_к$ — резистор обратной связи

тер—коллектор резко увеличивается: транзистор запирается и напряжение генератора, а следовательно, и ток короткого замыкания снижаются до безопасной величины.

При замкнутых контактах реле защиты *РЗ* удерживающая обмотка $РЗ_у$ включается на полное напряжение сети и в ней возникает ток, создающий магнитный поток, совпадающий с направлением магнитного потока основной (сериесной) обмотки $РЗ_о$ реле защиты. Магнитное усилие, притягивающее якорек, еще больше возрастает, что будет способствовать сохранению замкнутого состояния контактов реле защиты *РЗ*.

Транзистор будет заперт до тех пор, пока не будет устранено короткое замыкание в цепи возбуждения генератора на массу и произведено повторное включение реле-регулятора выключателем *ВЗ*.

В табл. 7 приведены регулировочные и обмоточные данные реле-регулятора РР362.

Модернизированный контактно-транзисторный реле-регулятор РР362. С 1975 г. реле-регулятор РР362 выпускается в модернизированном виде под тем же обозначением.

Модернизированный реле-регулятор РР362 отличается от предыдущего следующими особенностями (рис. 72).

1. Электромагнитный регулятор напряжения *РН* имеет две пары контактов *1* и *2*. Верхняя пара контактов *2* в нерабочем состоянии постоянно замкнута.
2. Реле защиты *РЗ* имеет только одну основную обмотку $РЗ_о$.
3. Отсутствует разделительный диод.
4. Введено сопротивление обратной связи $R_к$.

Эти изменения упрощают конструкцию реле-регулятора и обеспечивают самовозврат реле защиты после устранения короткого замыкания в исходное состояние, т. е. для этого не надо отключать батарею выключателем *ВЗ* и снова ее включать.

На рис. 72 приведена конструктивная схема и схема электрических соединений модернизированного реле-регулятора РР362,

а на рис. 73 его развернутая электрическая схема.

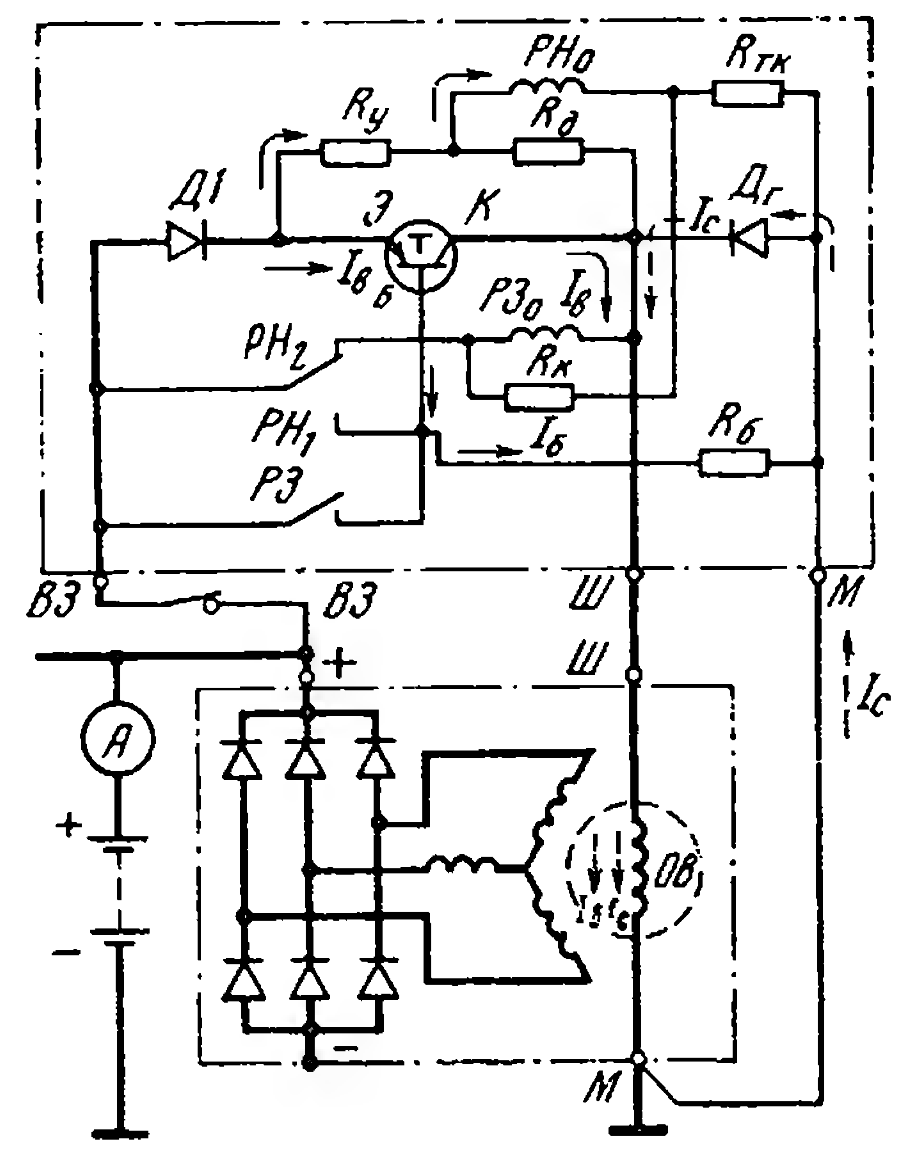


Рис. 73. Прохождение токов в принципиальной схеме модернизированного реле-регулятора РР362

Проследим по рис. 73 основные цепи в модернизированном реле-регуляторе РР362; одновременно полезно проследить эти же цепи по рис. 72.

Цепь возбуждения генератора: зажим «+» генератора — зажим *ВЗ* — запирающий диод *Д1* — эмиттер *Э* и коллектор *К* транзистора *Т* — зажим *Ш* реле-регулятора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — масса — зажим «—» выпрямителя.

Если транзистор *Т* заперт, то ток возбуждения после прохождения через диод *Д1* замыкается через сопротивления резисторов $R_у$ и $R_д$ на зажим *Ш* и далее по прежнему пути.

Цепь обмотки регулятора напряжения: после диода *Д1* (как при открытом, так и при закрытом транзисторе *Т*) часть тока ответвляется по пути через ускоряющий резистор $R_у$ в основную обмотку $РН_о$, далее через термокомпенсирующий резистор $R_{тк}$, зажим *М* и на массу и зажим «—» выпрямителя.

Цепь обмотки реле защиты: «+» генератора — зажим *ВЗ* — корпус реле защиты *РЗ* — корпус регулятора напряжения *РН* — верхние контакты $РН_2$ регулятора напряжения — основная обмотка реле защиты $РЗ_о$ — зажимы *Ш* реле-регулятора и генератора — обмотка возбуждения *ОВ* — масса — зажим «—» выпрямителя.

Работа регулятора напряжения аналогична предыдущему. При неработающем генераторе верхние контакты регулятора напряжения $РН_2$ замкнуты, а контакты реле защиты *РЗ* разомкнуты.

При включении выключателя зажигания *ВЗ* (рис. 73) ток батареи поступает через запирающий диод *Д1* на эмиттер *Э* и базу *Б* транзистора *Т* и далее через сопротивление $R_б$ базы на зажим *М* и массу.

Проходящий через транзистор ток базы $I_б$ открывает транзистор, и ток возбуждения $I_в$ поступает через транзистор в обмотку возбуждения генератора.

Одновременно ток поступает в обмотку регулятора напряжения $РН_о$, как было описано выше, а также через замкнутые контакты $РН_2$ в обмотку $РЗ_о$ реле защиты. Однако контакты реле защиты *РЗ* остаются разомкнутыми, так как величина тока, поступившего в обмотку $РЗ_о$, ограничена сопротивлением обмотки воз-

буждения OB и намагничивание сердечника реле защиты недостаточно, чтобы притянуть его якорек.

Когда генератор начнет работать и его напряжение возрастет выше установленной величины, якорек регулятора напряжения притянется и нижними контактами PH_1 замкнет базу транзистора на зажим $B3$ (т. е. «+» генератора); транзистор T запирается, ток возбуждения и напряжение генератора резко снижаются, как описано ранее, вследствие чего якорек регулятора напряжения отходит и контакты PH_1 размыкаются, после чего процесс периодически повторяется.

Так как процесс происходит быстро, то якорек регулятора напряжения после размыкания контактов PH_1 не успевает отойти вверх до крайнего положения, и возрастающее напряжение генератора опять притягивает якорек и замыкает контакты PH_1. Таким образом, во время работы генератора с частотой вращения, превышающей начальную, якорек регулятора колеблется около нижнего контакта, замыкая и размыкая контакты PH_1 с большой частотой, в то время как верхняя пара контактов PH_2 остается постоянно разомкнутой.

Ток I_c, созданный э. д. с. самоиндукции e_c, возникающей в обмотке возбуждения при размыкании контактов PH_1, замыкается по пути, показанному на рис. 73 пунктирными стрелками мимо транзистора, что предохраняет его от пробоя.

Ускорение колебаний якорька регулятора напряжения и его термокомпенсация осуществляются таким же образом, как и в предыдущем регуляторе.

Работа реле защиты. При коротком замыкании одного из зажимов $Ш$ или провода, их соединяющего, на массу, обмотка возбуждения OB обесточивается и напряжение генератора падает почти до нуля. Ток обмотки PH_0 регулятора напряжения, питающейся теперь только от аккумуляторной батареи, уменьшается, сердечник отпускает якорек и контакты PH_2 замыкаются, включая обмотку $P3_0$ реле защиты. Последняя находится теперь под полным напряжением аккумуляторной батареи, вследствие чего ток в ней достигает максимальной величины и реле замыкается. Его контакты $P3$ замыкают базу $Б$ транзистора T на зажим $B3$, вследствие чего транзистор запирается и включает в цепь тока короткого замыкания сопротивление, равное сумме $R_у + R_д = 4{,}5+60=64{,}5$ Ом, которое ограничивает величину тока короткого замыкания безопасной величиной. После устранения короткого замыкания ток в обмотке $P3_0$ реле защиты, замыкающийся теперь через обмотку возбуждения OB, резко падает и реле защиты, размыкаясь, возвращается в исходное состояние.

Реле-регулятор РР362 является основным типом контактно-транзисторного реле-регулятора и широко применяется не только для генератора Г250, для которого он был впервые разработан, но также и для ряда других автомобильных и автобусных генераторов. В табл. 7 приведены регулировочные и обмоточные данные этого реле-регулятора.

Контактно-транзисторный реле-регулятор РР363 предназначен для работы с генератором Г263А номинальным напряжением 28 В, максимальным током 150 А, по однопроводной схеме с соединением зажима «—» на массу, в системе электрооборудования автомобилей БелАЗ-540 и БелАЗ-548А.

Схема генераторной установки с генератором Г263А и реле-регулятором РР363 отличается той особенностью, что при номинальном напряжении генератора 28 В его обмотка возбуждения выполнена на 14 В, что дало возможность унифицировать обмоточные данные роторов генераторов этой мощности и элементы регулятора напряжения, входящие в цепь возбуждения.

По конструкции и внешнему виду реле-регулятор РР363 аналогичен модернизированному реле-регулятору РР362 и также имеет регулятор напряжения с двумя парами контактов и реле защиты. Работа регулятора напряжения РР363 такая же, как и регулятора напряжения РР362, но ускоряющее и добавочные сопротивления, шунтирующие транзистор, отсутствуют, и транзистор, закрываясь, полностью разрывает цепь возбуждения генератора.

На рис. 74 изображена электрическая схема реле-регулятора РР363. Включение реле-регулятора в работу производится замыканием выключателя зажигания *ВЗ*. Когда ротор генератора еще не пришел во вращение или вращается слишком медленно, ток $I_в$ в обмотку возбуждения *ОВ* генератора поступает от аккумуляторной батареи по цепи (рис. 74, *а*): «+» батареи—«+» генератора — резистор «подпитки» $R_п$ — зажимы *0* генератора и реле-регулятора — запирающий диод *Д1* — открытый транзистор *Т* — нормально замкнутые контакты реле защиты *РЗ* — зажимы *Ш* реле-регулятора и генератора — обмотка возбуждения *ОВ* — масса «—» батареи. Так как напряжение батареи равно 24 В, а обмотка возбуждения рассчитана на 14 В, то сопротивление резистора $R_п = 75$ Ом рассчитано так, чтобы ограничить ток возбуждения небольшой величиной порядка 0,25 А. Однако этот небольшой ток создает начальное намагничивание полюсов генератора и облегчает и ускоряет его возбуждение. Резистор подпитки $R_п$ смонтирован внутри генератора и в последующих выпусках генераторов Г263А включен между зажимами «+» и *Ш* так, что подмагничивающий ток поступает через резистор $R_п$ от зажима «+» прямо на зажим *Ш*, минуя зажим *0*.

Когда при вращении ротора генератора между его зажимами *0* и «—» (масса) появится напряжение, то обмотка возбуждения будет питаться напряжением генератора от его нулевой точки, т. е. через зажим «0».

Пока напряжение генератора не достигло установленной величины, контакты регулятора напряжения $РН_2$ замкнуты, а контакты $РН_1$ разомкнуты (рис. 74, *а*); следовательно, база транзистора не соединена с эмиттером и ток базы $I_б$ открывает транзистор *Т*; контакты реле защиты $РЗ_в$ также остаются все время замкнутыми, так как ток $I_з$, текущий в обмотке $РЗ_о$ реле защиты, недостаточен, чтобы притянуть якорек и разомкнуть контакты реле. Про-

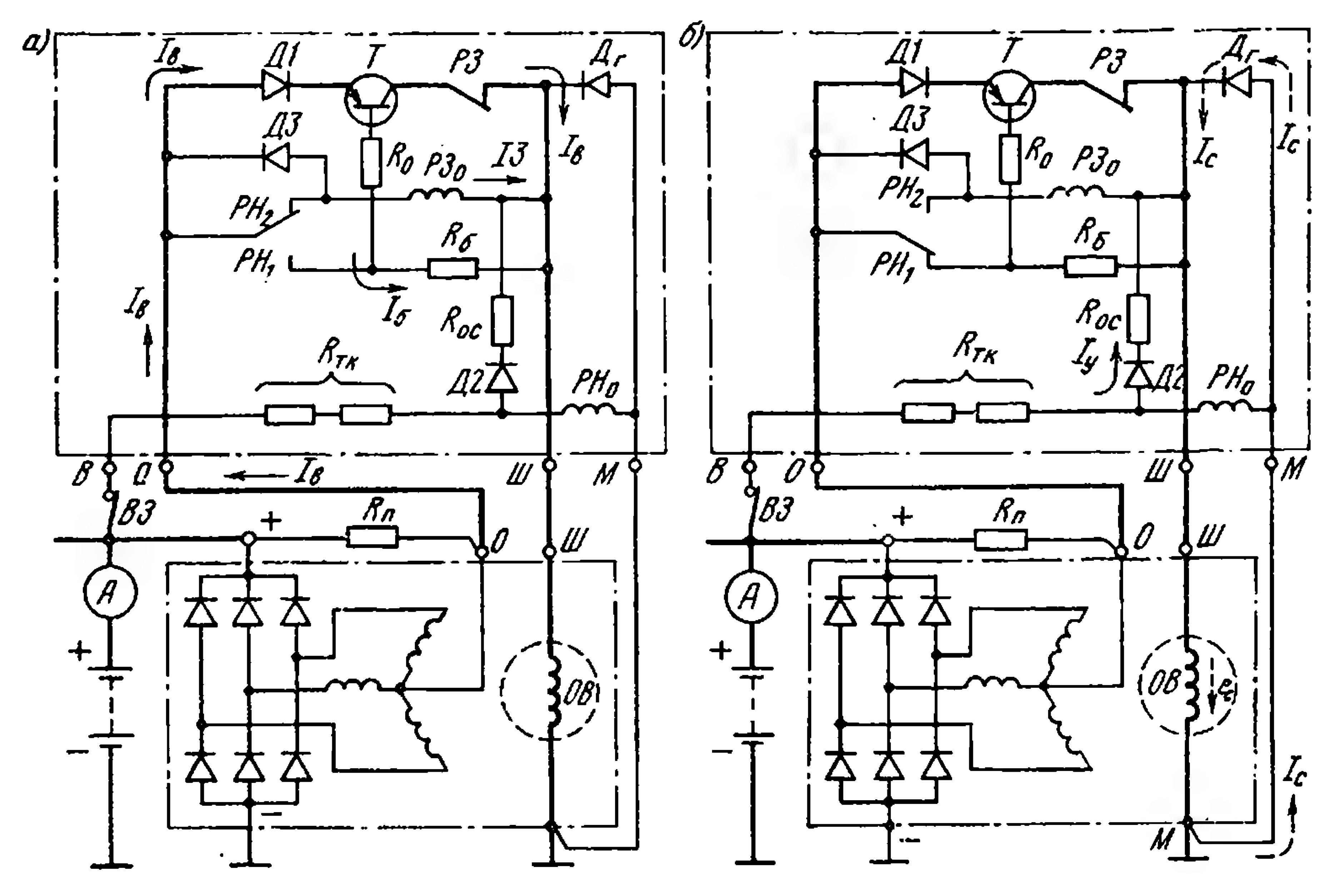


Рис. 74. Принципиальная схема и прохождение токов в схеме реле-регулятора РР363:

а — при разомкнутых контактах PH_1, соответствующих открытому состоянию транзистора; *б* — при замкнутых контактах PH_1, соответствующему запертому состоянию транзистора: *В*, «+», *0*, *Ш*, *М* — выводные зажимы; *ВЗ* — контакты выключателя зажигания; PH_1, PH_2 — нижний и верхний контакты регулятора напряжения; *РЗ* — контакты реле защиты; *РНо* — обмотка регулятора напряжения; *РЗо* — обмотка реле защиты; *Т* — транзистор; *Д1* — запирающий диод; *Д2* — диод цепи обратной связи; $Д_г$ — гасящий диод; *Дз* — диод цепи обмотки реле защиты; $R_{тк}$ — резисторы термокомпенсирующего сопротивления; $R_п$ — «подпиточный» резистор; $R_{ос}$ — резистор обратной связи; $R_б$ — проволочное сопротивление базы; R_0 — ограничительное проволочное сопротивление 1—3 Ом; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

хождение токов $I_в$, $I_б$ и $I_з$ в цепях схемы в описанном состоянии показано стрелками на рис. 74, *а*.

Когда напряжение генератора превысит установленное значение, якорек регулятора напряжения притянется к сердечнику (рис. 74, *б*), разомкнув контакты PH_2 и замкнув контакты PH_1. Тем самым база транзистора *Т* через контакты PH_1 и диод *Д1* будет накоротко соединена с эмиттером и транзистор перейдет в состояние «заперт», разорвав тем самым цепь возбуждения генератора. Ток I_c, вызванный э. д. с. самоиндукции e_c, возникающей в обмотке возбуждения генератора при резком уменьшении в ней тока возбуждения, замыкается через гасящий диод $Д_г$ мимо транзистора, предохраняя его от пробоя (пунктирные стрелки на рис. 74, *б*). Сопротивление R_o величиной всего 1÷3 Ом ограничивает величину тока в контактах PH_1.

В результате размыкания транзистором цепи обмотки возбуждения ток возбуждения и напряжение генератора снижаются. Контакты регулятора PH_1 размыкаются, прерывая соединение базы с эмиттером, и возникающий ток базы вновь открывает

транзистор. Таким образом процесс периодически повторяется и якорек регулятора напряжения вибрирует в нижнем положении, замыкая и размыкая контакты PH_1 с большой частотой.

Ускорение колебаний якорька регулятора и, следовательно, увеличение частоты переключения транзистора T достигаются цепочкой из последовательно соединенных диода *Д2* и резистора обратной связи R_{oc}.

При разомкнутых контактах регулятора PH_1, т. е. при открытом транзисторе T (рис. 74, *а*) падение напряжения в цепи: зажим *0* — диод *Д1* — транзистор T — контакты *Р3* — зажим *Ш*, незначительно и потенциал зажима *Ш* почти равен потенциалу зажима *0*, в то время как потенциал точки подключения диода *Д2* к обмотке PH_0 значительно ниже за счет падения напряжения в термокомпенсирующих резисторах $R_{тк}$; поэтому тока в цепочке R_{oc}—*Д2* запертой диодом *Д2* нет. При замыкании контактов PH_1 транзистор T запирается и потенциал зажима *Ш* резко снижается, вследствие чего в цепочке R_{oc}—*Д2* появляется ток $I_у$ (рис. 74,*б*). Этот ток, проходя по термокомпенсирующим резисторам, создает в них значительное падение напряжения (как на ускоряющем сопротивлении вибрационных регуляторов), вследствие чего напряжение на основной обмотке PH_0 регулятора напряжения резко снижается, а это вызывает быстрое снижение тока в ней и магнитного потока сердечника, и якорек, отходя вверх, размыкает контакты PH_1.

Работа реле защиты. В данной схеме реле-регулятора РР363 короткое замыкание зажимов *Ш* или провода, их соединяющего, на массу не представляет такой опасности, как в реле-регуляторе РР362. Действительно, при замыкании зажима *Ш* на массу, обмотка возбуждения *ОВ* генератора оказывается замкнутой накоротко (рис. 74,*а, б*), ток возбуждения в ней быстро уменьшается до нуля, а следовательно, магнитный поток полюсов и напряжение генератора также быстро снижаются до незначительной величины, обусловленной остаточным магнетизмом полюсов. Генератор, как говорят, «сбрасывает» напряжение. В то же время от аккумуляторной батареи через диод *Д1* и транзистор T может поступить только небольшой ток, так как его величина ограничена резистором $R_п = 75$ Ом[1].

Гораздо бо́льшую опасность представляет ошибочное присоединение проводов и присоединение провода от «+» батареи к зажиму *Ш*. На практике, в случаях, когда генератор плохо возбуждается или совсем не возбуждается из-за загрязнения контактных колец или нарушения контакта с ними, нередко, используя приемы, применявшиеся для возбуждения генераторов постоянного тока, замыкают между собой временной перемычкой зажимы «+» и *Ш* (рис. 75). Генератор в этом случае быстро возбуждается,

---

[1] В тех генераторах, у которых сопротивление подпитки $R_п$ включено между зажимами «+» и *Ш*, ток батареи через резистор $R_п$ потечет непосредственно в обмотку возбуждения генератора, минуя диод *Д1* и транзистор T.

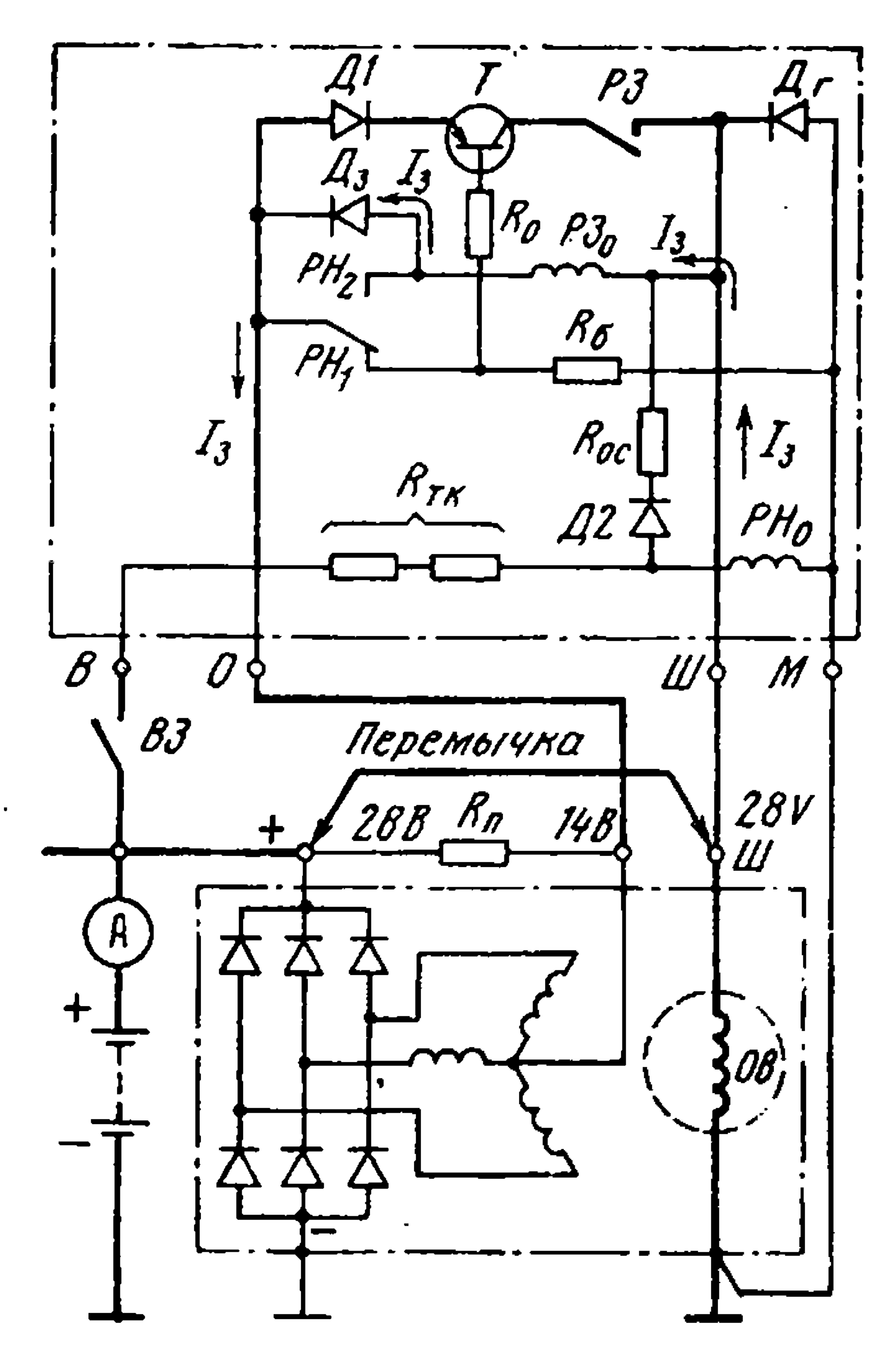


Рис. 75. Работа реле защиты в реле-регуляторе РР363

так как к обмотке возбуждения подводится полное напряжение батареи и генератора порядка 25—28 В вместо нормального рабочего напряжения обмотки возбуждения 12—14 В. Это почти двойное напряжение 25—28 В, поступившее через перемычку на зажим *Ш*, при отсутствии реле защиты создало бы большой ток, замыкающийся от зажима *Ш* на зажим *0* (на котором напряжение равно 14 В), через переход коллектор-база транзистора *Т*, сопротивление R_0 и замкнутые контакты PH_1, который вывел бы из строя транзистор.

Для предупреждения такой аварии служит реле защиты. В случае замыкания перемычкой зажимов «+» и *Ш* генератора последний, как было сказано выше, быстро возбуждается; на зажиме *Ш* возникает напряжение 28 В и более (ограничиваемое буферным действием батареи), а на нулевой точке генератора (зажиме «*0*») — 14 В и более. Созданный этой разностью напряжений ток $I_з$ замыкается через обмотку $РЗ_0$ реле защиты по цепи (рис. 75): «+» генератора — зажимы *Ш* генератора и реле регулятора — обмотка $РЗ_0$ реле защиты — диод цепи защиты $Д_з$ —зажимы *0* реле-регулятора и генератора. Реле защиты притягивает якорек и размыкает контакты *РЗ*, прерывая тем самым цепь транзистора *Т*.

Резистор R_0 служит для ограничения величины тока короткого замыкания, текущего через транзистор до момента срабатывания реле защиты и размыкания контактов *РЗ*.

В нижеследующей табл. 7 приведены регулировочные и обмоточные данные реле-регулятора РР363.

Бесконтактный транзисторный регулятор напряжения РР350 предназначен для работы с автомобильным генератором Г250-Е1 переменного тока напряжением 12 В и силой тока 45 А, а также и с другими генераторами по однопроводной схеме с соединением зажима «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей.

Регулятор напряжения полностью бесконтактный, собран из полупроводниковых элементов и радиодеталей (рис. 76,*а*). Его конструкция и монтаж характерны для изделий радиоэлектрон-

Таблица 7

Регулировочные, конструктивные и обмоточные данные контактно-транзисторных реле-регуляторов

Параметры	РР362	РР362 модернизированный	РР363
Номинальное напряжение, В	14	14	28
Регулировочные данные:			
Реле защиты			
Воздушный зазор между якорем и сердечником, мм	0,7—0,8	0,7—0,8	0,8—0,9
Зазор между контактами, мм	0,2—0,3	0,2—0,3	0,7—0,8 (разомкнуты)
Регулятор напряжения			
Воздушный зазор между якорем и сердечником, мм	1,4—1,5	1,4—1,5	1,1—1,2
Зазор между контактами, мм	0,2—0,3	0,2—0,3	0,25—0,3
Регулировка:			
при нагрузке, А	14	14	60
и частоте вращения, об/мин	3000±150	3000±150	3500±150
напряжение при 20±5°С, В	13,8—14,6	13,8—14,6	26,5—28
Тип полупроводниковых элементов			
Транзистор *Т*	П217	П217	П217
Запирающий диод *Д1*	Д242	Д242	Д242
Гасящий диод $Д_г$	КД202	КД202	КД202-В
Разделительный диод $Д_р$	Д7Б	Нет	Нет
Защитный диод $Д_з$ (*Д3*)	Нет	»	Д7Б
Диод обратной связи *Д2*	»	»	Д7Б
Обмотки			
Основная регулятора напряжения	1240 витков ПЭВ 0,29; 17 Ом	1240 витков ПЭВ 0,29; 17 Ом	1760 витков ПЭТВ 0,23; 36 Ом
Основная реле защиты	75 витков ПЭТВ 0,75	1240 витков ПЭВ 0,29; 17 Ом	1224 витка ПЭТВ 0,27; 17 Ом
Вспомогательная реле защиты	1400 витков ПЭТВ 0,17; 76 Ом	Нет	Нет
Удерживающая реле защиты	1000 витков ПЭТВ 0,17; 42 Ом	»	»
Сопротивления (расчетные)			
Добавочное регулятора $R_д$, Ом	60	60	60
Ускоряющее регулятора $R_у$, Ом	4,5	4,5	4,5
Термокомпенсирующее регулятора $R_т$, Ом	15	15	70
Базы транзистора $R_б$, Ом	40	40	42
Сопротивление обратной связи $R_к$ или $R_{ос}$, Ом	Нет	240	1500
Ограничительное сопротивление базы $R_о$, Ом	»	Нет	1—3
Сопротивление подпитки (в генераторе) $R_п$, Ом	»	»	75

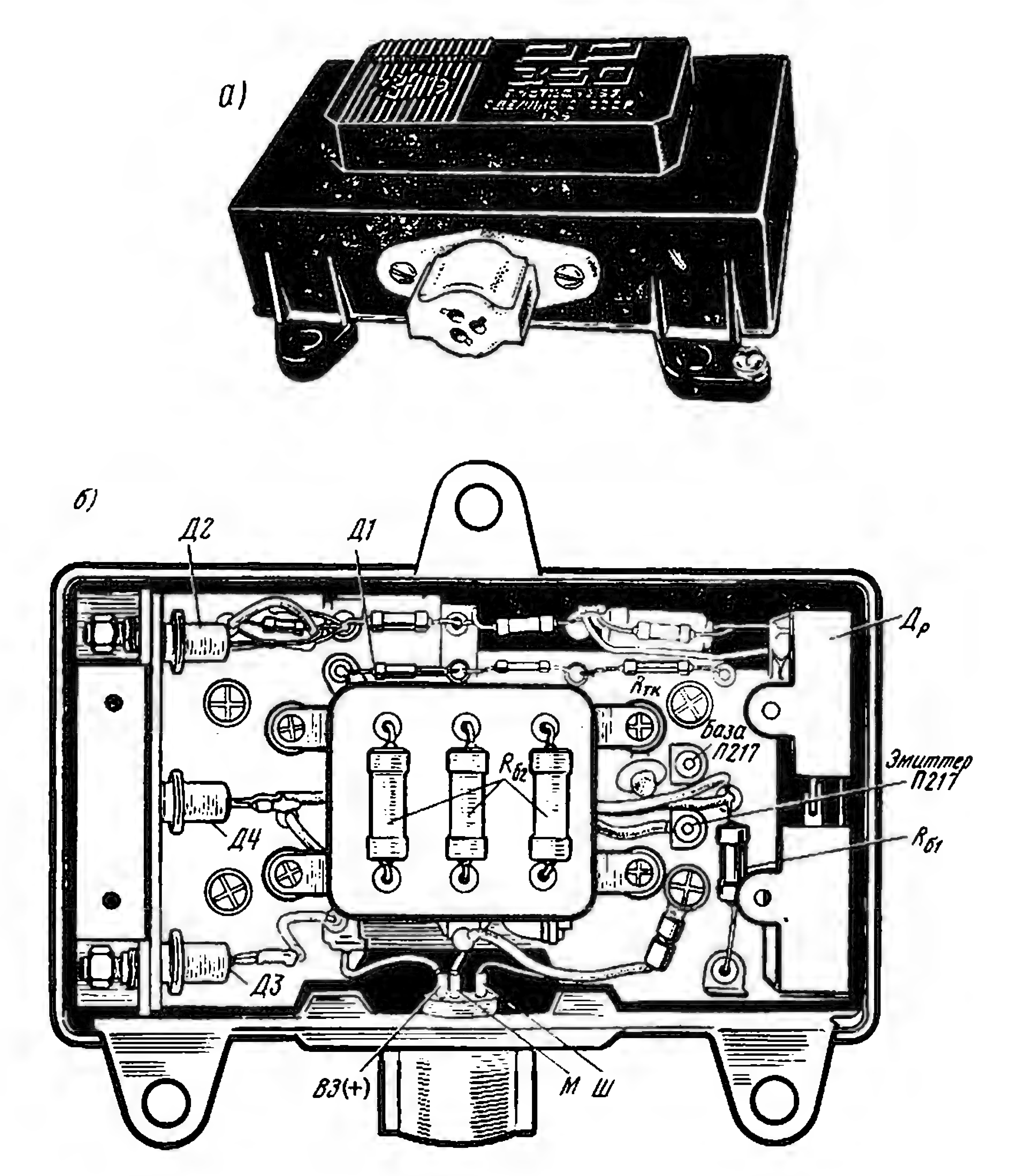


Рис. 76. Регулятор напряжений РР350:

а — внешний вид; *б* — монтажная плата с деталями (снизу); *ВЗ*(+), *М* и *Ш* — выводные контакты штеккерного разъема; *Д1* — стабилитрон Д808; *Д2*, *Д4* — диоды КД202Г; *Д3* — диод КД202В; $R_{тк}$ — терморезистор ММТ-1 кОм; $R_{б2}$ — резисторы сопротивления базы 3 шт. МЛТ82 Ом; *Др* — дроссель

ной аппаратуры. На рис. 76,*б* показан вид снизу с открытой крышкой, на котором изображено размещение и крепление деталей.

Все элементы регулятора размещены в металлическом корпусе (основании), закрытом специальной крышкой.

Штеккерный разъем предназначен для соединения регулятора с выключателем зажигания *ВЗ*, зажимом генератора *Ш* и с массой генератора. Применение штеккерного разъема в регуляторе напряжения РР350 обусловлено необходимостью защиты транзисторов от коротких замыканий цепи обмотки возбуждения на массу. В этом случае в отличие от соединений посредством обычных винтовых зажимов исключается возможность крайне нежелатель-

ного для транзисторного регулятора касания проводом *Ш* на массу (так называемая в эксплуатации проверка исправности генератора «на искру»).

На рис. 77 изображена электрическая развернутая схема регулятора напряжения РР350. Схема регулятора состоит из двух устройств (или узлов): измерительного *ИУ* и усилительного *УУ*.

Измерительное устройство предназначено для сравнения фактического напряжения генератора с заданным, требующимся по условиям эксплуатации, напряжением. В него входят: резисторы потенциометра (делителя напряжения) $R1$, $R2$, $R3$, $R4$, $R_п$, $R_{тк}$ и дроссель *Др*; стабилитрон типа Д808; транзистор $T1$ и резистор $R_{б2}$.

В усилительное устройство, предназначенное для усиления сигналов измерительного устройства и регулирования тока возбуждения генератора, входят: транзисторы $T2$ и $T3$, резисторы $R5$ и $R_{б1}$, запирающие диоды *Д1* и *Д2* и шунтирующий транзистор $T3$, добавочный резистор $R_д$.

В схему регулятора входят также: гасящий диод $Д_г$, включенный параллельно обмотке возбуждения генератора и защищающий транзистор $T3$ от перенапряжений, и элемент обратной связи — резистор $R_{ос}$, предназначенный для улучшения характеристик регулятора.

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания выключатель *ВЗ* замыкается и регулятор и цепь обмотки возбуждения генератора включаются на напряжение аккумуляторной батареи.

Через резисторы делителя напряжения начинает проходить ток $I_д$ (рис. 77, *а*). Через стабилитрон *Ст* проходит ничтожный «обратный» ток, замыкающийся по контуру: зажим «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* — резистор $R4$ — стабилитрон *Ст* (в обратном направлении) — две параллельные ветви, состоящие из резистора $R2$ с последовательно включенным с ним дросселем *Др* и резистора $R3$ с последовательно соединенным с ним резистором температурной компенсации $R_{тк}$ — зажим *М* регулятора — «—» батареи.

Падение напряжения $U_{ст}$, возникающее на стабилитроне *Ст* под действием этого весьма малого тока, меньше напряжения стабилизации, и поэтому пробоя стабилитрона в обратном направлении не происходит. Падение напряжения на резисторе $R4$ (300 Ом) ввиду малой величины тока также незначительно и поэтому потенциалы базы и эмиттера транзистора $T1$ практически равны и ток эмиттер — база (необходимый для открывания транзистора) весьма мал. Вследствие этого транзистор $T1$ находится в состоянии «заперт».

Сопротивление транзистора $T1$, а следовательно, напряжение между его эмиттером и коллектором велико, что приводит к появлению на базе транзистора $T2$ отрицательного по отношению к его

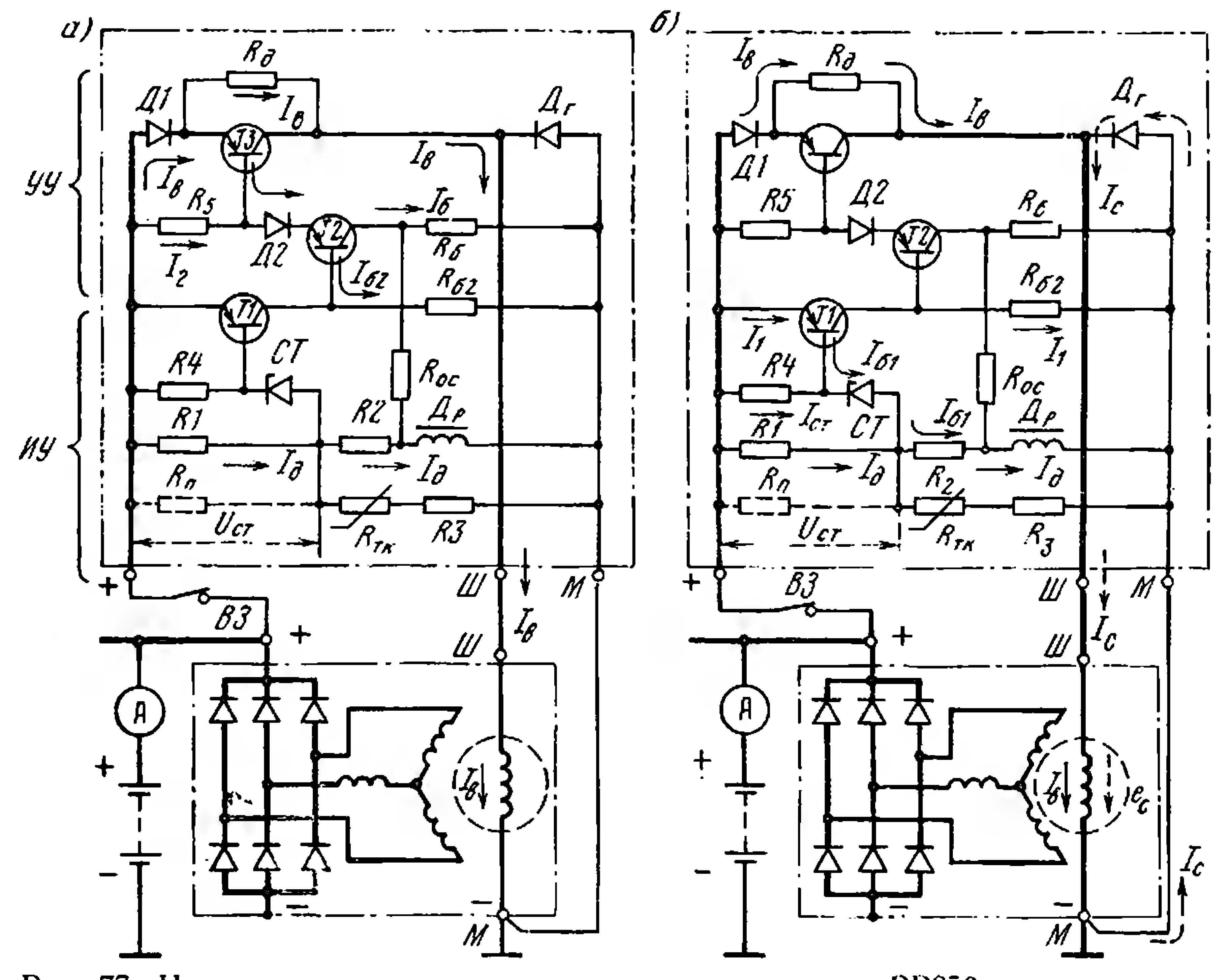


Рис. 77. Принципиальная схема регулятора напряжения РР350 и прохождение токов при открытом (*а*) и закрытом (*б*) силовом транзисторе:

«+», *Ш*, *М* — выводные контакты штеккерного соединения; *ИУ* — измерительное устройство; *УУ* — управляющее устройство; *Д1* — запирающий диод; $Д_г$ — гасящий диод; *Д2* — диод; *Ст* — стабилитрон; *Др* — дроссель; *R1*, *R2*, *R3*, $R_п$, $R_{тк}$ — резисторы делителя напряжения; *Т1*, *Т2* — управляющие транзисторы; *Т3* — силовой транзистор; $R_д$ — резистор добавочного сопротивления; $R_{б3}$, $R_{б2}$ — резисторы сопротивления базы транзисторов *Т3* и *Т2*; *R4*, *R5* — резисторы

эмиттеру потенциала и проходящий через эмиттер-базу ток базы $I_{б2}$ открывает транзистор *Т2*. Ток I_2, проходящий теперь через открытый транзистор *Т2*, создает падение напряжения на резисторе *R5* и потенциал базы транзистора *Т3* становится значительно меньше потенциала его эмиттера. Возникает ток $I_б$ эмиттер — база в цепи транзистора *Т3*, и транзистор также открывается. В результате через цепь обмотки возбуждения генератора протекает ток $I_в$, замыкающийся по контуру: зажим «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* — зажим «+» регулятора — запирающий диод *Д1* — эмиттер и коллектор транзистора *Т3* — зажим *Ш* регулятора — зажим *Ш* генератора — обмотка возбуждения генератора — зажим «—» генератора — зажим «—» аккумуляторной батареи.

Падение напряжения на «открытом» транзисторе *Т3* незначительно (около 2 В), и ток возбуждения генератора, определяемый напряжением аккумуляторной батареи и сопротивлением цепи обмотки возбуждения, равен максимальной величине.

Под действием тока возбуждения генератор возбуждается и после пуска двигателя, при вращении ротора, в фазных обмотках генератора наводятся э. д. с., которые выпрямляются выпрямительным устройством генератора.

Если выпрямленное напряжение генератора меньше, чем напряжение аккумуляторной батареи, то последняя разряжается током, равным примерно 2,5—3,0 А и представляющим собой в основном ток возбуждения генератора, так как схема самого регулятора потребляет весьма небольшой ток.

Если с увеличением частоты вращения генератора выпрямленное напряжение увеличивается, то обмотка возбуждения генератора и регулятор напряжения будут питаться от генератора. При этом если напряжение генератора меньше установленной величины, то транзистор *Т3* будет оставаться в состоянии «открыт».

В случае, когда напряжение генератора повышается до 13,2—14,5 В, обратное напряжение $U_{ст}$, приложенное к стабилитрону, достигает величины 7—8 В, т. е. напряжения стабилизации, и стабилитрон *Ст* пробивается. Это означает, что сопротивление стабилитрона резко снижается, а текущий через него ток $I_{ст}$ резко увеличивается. В результате возрастает падение напряжения на резисторе *R4*, потенциал базы транзистора *Т1* резко уменьшается по сравнению с потенциалом его эмиттера, и возникающий ток базы $I_{б1}$ открывает транзистор *Т1* (рис. 77,*б*). Сопротивление эмиттер — коллектор транзистора *Т1* резко уменьшается, а ток I_1, текущий через резистор $R_{б2}$, возрастает. В результате возрастающее падение напряжения в резисторе $R_{б2}$ увеличивает потенциал базы транзистора *Т2*, разность потенциалов эмиттера и базы транзистора *Т2* резко уменьшается и транзистор *Т2* запирается. Это, в свою очередь, приводит к запиранию транзистора *Т3*, так как весьма малый ток, текущий через резистор *R5*, диод *Д2*, запертый транзистор *Т2* и резистор $R_б$, создает весьма малое падение напряжения в резисторе *R5*, вследствие чего потенциал базы транзистора *Т3* становится почти равным потенциалу его эмиттера.

Сопротивление эмиттер-коллектор запертого транзистора *Т3*, входящее в цепь обмотки возбуждения, резко увеличивается, и ток обмотки возбуждения, замыкающийся теперь через резистор $R_д$ («добавочное сопротивление»), уменьшается и напряжение генератора также снижается.

При понижении напряжения ниже регулируемой величины обратное сопротивление стабилитрона *Ст* увеличивается и стабилитрон восстанавливает свое запирающее действие. Это приводит к резкому уменьшению тока, текущего через резистор *R4*, а следовательно, падение напряжения в этом резисторе настолько снижается, что разность потенциалов эмиттер—база транзистора *Т1* становится близкой нулю и транзистор *Т1* запирается. В результате транзисторы *Т2* и *Т3* вновь переходят в состояние «открыт», и ток возбуждения генератора, замыкающийся теперь через транзистор *Т3*, вновь начинает увеличиваться. При этом также увеличивается напряжение генератора до тех пор, пока оно не достиг-

нет установленной величины и не вызовет вновь пробоя стабилитрона *Ст*.

Описанный процесс повторяется периодически и таким образом напряжение генератора поддерживается постоянным в заданных пределах регулирования 13,2—14,5 В.

Транзисторы регулятора напряжения работают в ключевом режиме, т. е. переходят из состояния «открыт» в состояние «закрыт» и поэтому из-за резкого уменьшения тока в обмотке возбуждения генератора в последней индуктируется э. д. с. самоиндукции $e_с$. Для защиты транзистора от пробоя действием этой э. д. с. самоиндукции в схеме применен гасящий диод $Д_г$, включенный параллельно обмотке возбуждения генератора и создающий контур, по которому ток $I_с$, вызванный э. д. с. самоиндукции, замыкается мимо транзистора.

Для уменьшения влияния температуры на величину регулируемого напряжения в одно из плеч делителя напряжения измерительного устройства включен терморезистор $R_{тк}$ типа ММТ-1. Терморезистор представляет собой стержень из полупроводникового материала (смеси окислов меди, марганца и др.), на концы которого напрессованы металлические колпачки с проволочными выводами, при помощи которых терморезистор припаивают к схеме.

Сопротивление терморезистора сильно зависит от температуры, причем он имеет отрицательный температурный коэффициент. Так, например, при изменении температуры от 0 до 100°С сопротивление терморезистора уменьшается в 20—70 раз; сопротивление же медного провода в этом же интервале температур увеличивается примерно на 40%.

Действие терморезистора на величину регулируемого напряжения заключается в следующем. При увеличении температуры напряжение стабилизации, т. е. напряжение пробоя стабилитрона *Ст* увеличивается, следовательно, пропорционально ему увеличивается также регулируемое напряжение. Однако при повышении температуры сопротивление терморезистора $R_{тк}$ уменьшается, а вместе с ним уменьшается суммарное сопротивление плеча делителя, состоящее из сопротивлений резисторов *R2*, *R3*, $R_{тк}$ и обмотки дросселя *Др*. В результате напряжение $U_{ст}$ на стабилитроне увеличивается и пробой его произойдет при меньшем значении регулируемого напряжения. Таким образом описанные два эффекта компенсируют друг друга и с увеличением температуры регулируемое напряжение будет оставаться неизменным.

Дроссель *Др* служит для сглаживания пиков пульсирующего напряжения генератора, которые иначе могли бы вызвать ложные срабатывания схемы.

Резистор $R_п$ является подстроечным и служит для подгонки величины напряжения, поддерживаемого регулятором, производимой на заводе при выпуске регулятора.

Регулятор напряжения РР350 обеспечивает поддержание регулируемого напряжения генератора Г250-Е1 в пределах 13,2—14,6 В при изменении частоты вращения ротора генератора от

Таблица 8

Регулировочные и конструктивные данные бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения

Параметры	РР350	РР356 и РР133	РР132
Номинальное напряжение, В	14	28	14
Регулируемое напряжение »	13,8—14,5	28,4±0,8	14,3±0,3
Полупроводниковые элементы			
Транзистор *T1*	П302	КТ805А	КТ805А
» *T2*	П214В	КТ801Б	КТ80
» *T3*	П217	Нет	Нет
Гасящий диод *Д*г	КД202-Г	КД202-Г	Д202-В
Диод *Д1*	КД202-В	Д226-Б	Д226-Б
Диод *Д2*	КД202-Г	Д226-Б	Д226-Б
Стабилитрон *Ст*	Д808	Д818Б(2 шт.)	Д814А
Резисторы			
Резисторы делителя *R1*, Ом	220±5 %, МЛТ-05	200, МЛТ-2	34, 68:2 МЛТ-1
» » *R2* »	100 МЛТ-05	Подбирается	100, МЛТ-1
» » *R3* »	390 МЛТ-05	430, МЛТ-1	300, МЛТ-0,5
» » *R*тк »	1000, ММТ-1	Нет	Нет
Резисторы базы *R*б, Ом	--	214 (51×4) МЛТ-2[2]	37,5 (150:4) МЛТ-2[2]
» » *R*б »	27 (82:3) МЛТ-2[1]	—	—
» » *R*б2 »	470±5 % МЛТ-1	—	—
Резисторы *R4*, Ом	300±10 % МЛТ-0,5	120 МЛТ-2	82 МЛТ-0,
» *R5* »	17 51:3 МЛТ-0,25[1]	—	—
Резистор обратной связи *R*ос, Ом	3300 МЛТ-0,5	390 МЛТ-2	1000
Резисторы добавочного сопротивления *R*д, Ом	220±10%, МЛТ-1	Нет	Нет
Дроссель	1650 витков, ПЭВ2-0,21,	614 витков, ПЭГВ 0,41, 3,5 Ом, 0,008Г	900 витков, ПЭВ-1 0,35, 6,2 Ом, 0,03 Г

[1] Три резистора параллельно.
[2] Четыре последовательно.

2500 до 10500 об/мин, а также тока нагрузки от минимального значения до 28 А и более и температуры окружающей среды от —40 до +65°С (при любых сочетаниях, указанных выше эксплуатационных факторов).

Основные параметры элементов схемы регулятора напряжения РР350 приведены в табл. 8.

Бесконтактный транзисторный регулятор напряжения РР356. Этот регулятор напряжения на кремниевых транзисторах предназначен для работы с генератором переменного тока Г272, напряжением 28 В и мощностью 800 Вт, на автомобилях КамАЗ

и МАЗ-500. Применение кремниевых транзисторов обусловлено их большей теплостойкостью и способностью выдерживать более высокое напряжение.

По внешнему виду этот регулятор напряжения такой же, как и РР350.

На рис. 78 изображен регулятор РР356 в разрезе. Силовой транзистор *Т1*, замыкающий и размыкающий цепь обмотки возбуждения генератора, монтирован на алюминиевой пластине — теплоотводе *АП*. Остальные детали монтированы на монтажной плате *МП*, выполненной по принципу печатного монтажа из фольгированного гетинакса. Вид этой платы снизу показан на рис. 79.

Регулятор имеет штеккерный разъем с двумя выводами «+» и *Ш*, а также винт для соединения его корпуса с массой.

На рис. 80 изображена принципиальная схема соединения этого регулятора напряжения. Примененные в нем кремниевые транзисторы типа *n-р-n* имеют обратную структуру и поэтому их эмиттер должен быть подключен к минусовому полюсу, т. е. к массе, а, следовательно, обмотка возбуждения должна быть включена с другой стороны, т. е. между коллектором транзистора и зажимом «+» генератора.

В связи с этим обмотка возбуждения генератора Г272, для которого предназначен регулятор напряжения РР356, имеет оба изолированных вывода *Ш*.

Так как кремниевые транзисторы значительно устойчивее по отношению к повышенной температуре и перенапряжениям, то они не нуждаются в запирающих диодах (*Д1* и *Д2* на рис. 77), и добавочное сопротивление $R_д$, шунтирующее эмиттер и коллектор силового транзистора *Т1*, становится излишним. Таким образом, кремниевый транзистор, запираясь, полностью разрывает цепь возбуждения генератора.

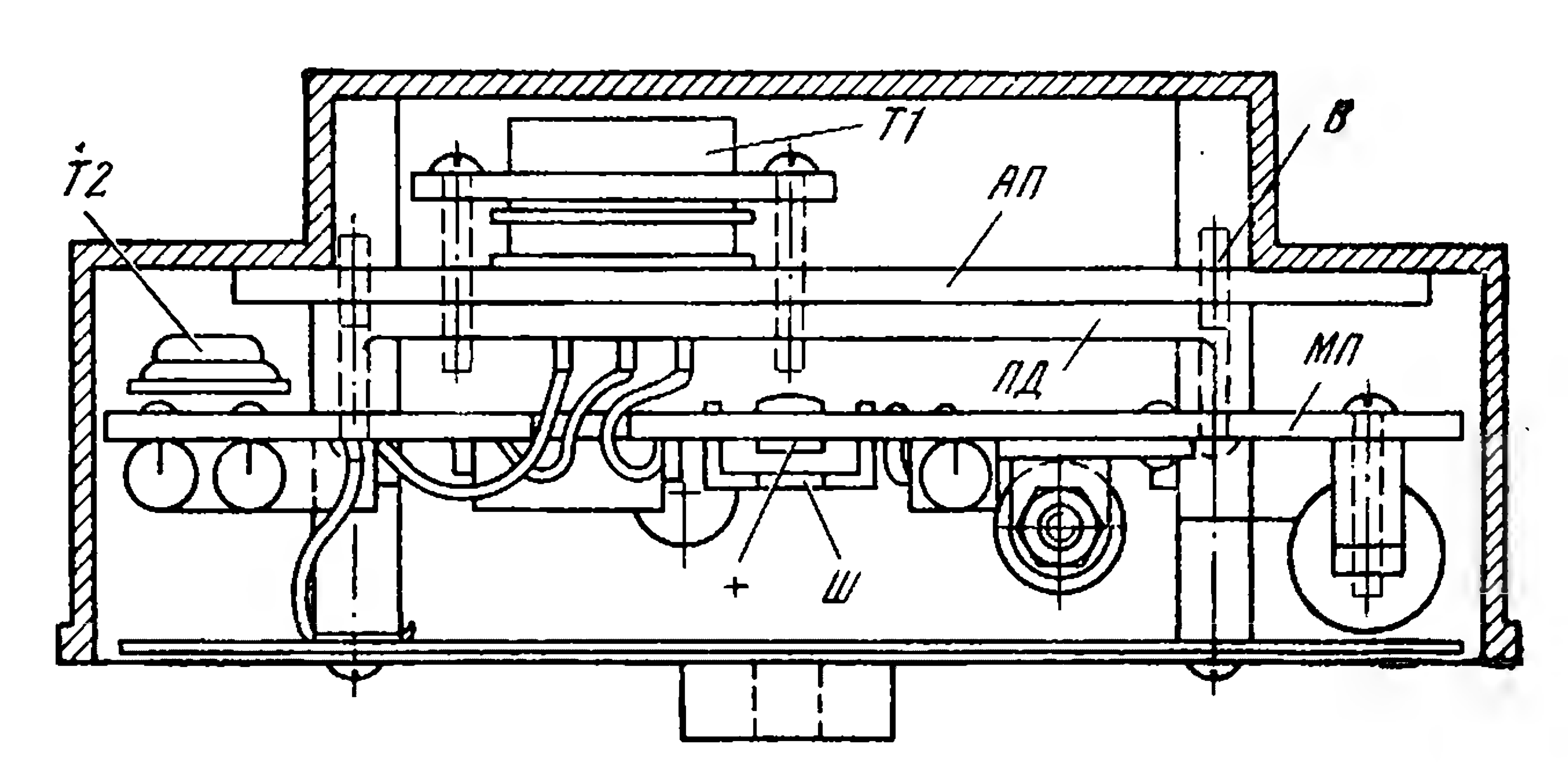


Рис. 78. Конструкция регулятора напряжения РР356 в разрезе:

Т1 — силовой транзистор; *Т2* — управляющий транзистор; *МП* — монтажная плата; *АП* — алюминиевая пластина-теплоотвод; *ПД* — изоляционная подставка; *В* — крепежные винты; «+» и *Ш* — выводы штеккерного разъема

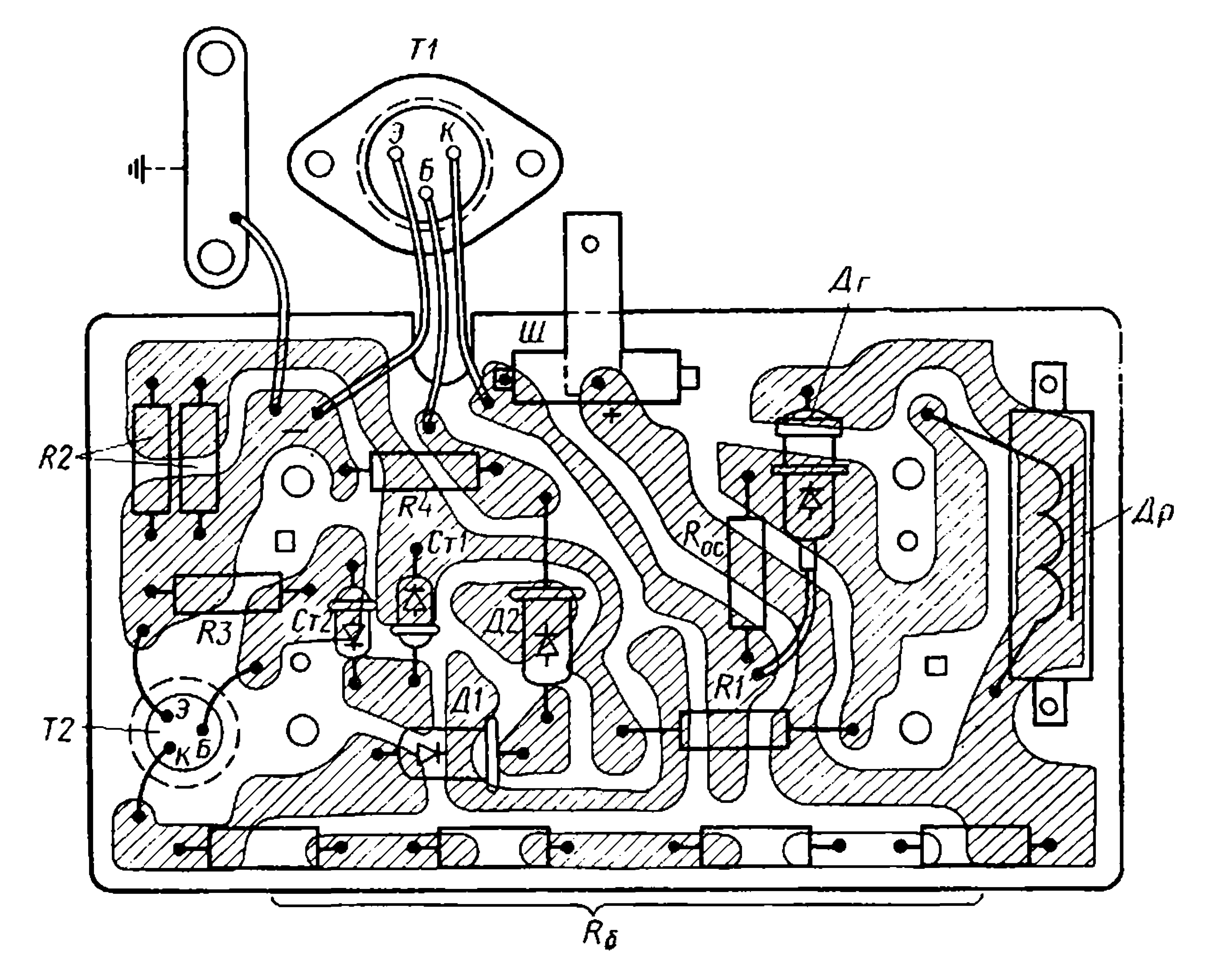


Рис. 79. Монтажная плата регулятора напряжения РР356 (вид снизу). Обозначения деталей — те же, что и на принципиальной схеме рис. 80

Регулятор напряжения работает следующим образом (рис. 80,*а*). При включении зажигания замыкается выключатель *ВЗ* и ток батареи замыкается через делитель напряжения по цепи «+» батареи — контакты *ВЗ* — «+» регулятора — обмотка дросселя *Др* — резисторы *R1* и *R2* — зажим *М* (масса) регулятора — минус батареи. При этом на резисторе *R2* в результате прохождения по нему тока $I_д$ образуется напряжение $U_{ст}$. Однако пока это напряжение меньше напряжения пробоя стабилитронов *Ст1* и *Ст2*, стабилитроны заперты, ток через них близок нулю и цепь базы транзистора *Т2* (от «+», через обмотку дросселя *Др*, резистор *R1* и стабилитроны *Ст1* и *Ст2*) практически прервана, потенциал базы при отсутствии тока в резисторе *R3* равен потенциалу эмиттера, и, следовательно, транзистор *Т2* заперт. Здесь применены два последовательно включенных стабилитрона *Ст1* и *Ст2*, так как номинальное напряжение генератора Г272 — 28 В и напряжение стабилизации $U_{ст}$ вдвое выше, чем у регулятора напряжения РР350.

Поскольку транзистор *Т2* закрыт и соединение между точкой подключения его коллектора к диодам *Д1* и *Д2* и зажимом *М* (масса) прервано, то ток, проходящий через резистор $R_б$, диоды *Д1* и *Д2* и резистор *R4*, создает на последнем падение напряжения, вследствие чего потенциал базы транзистора *Т1* становится выше потенциала его эмиттера.

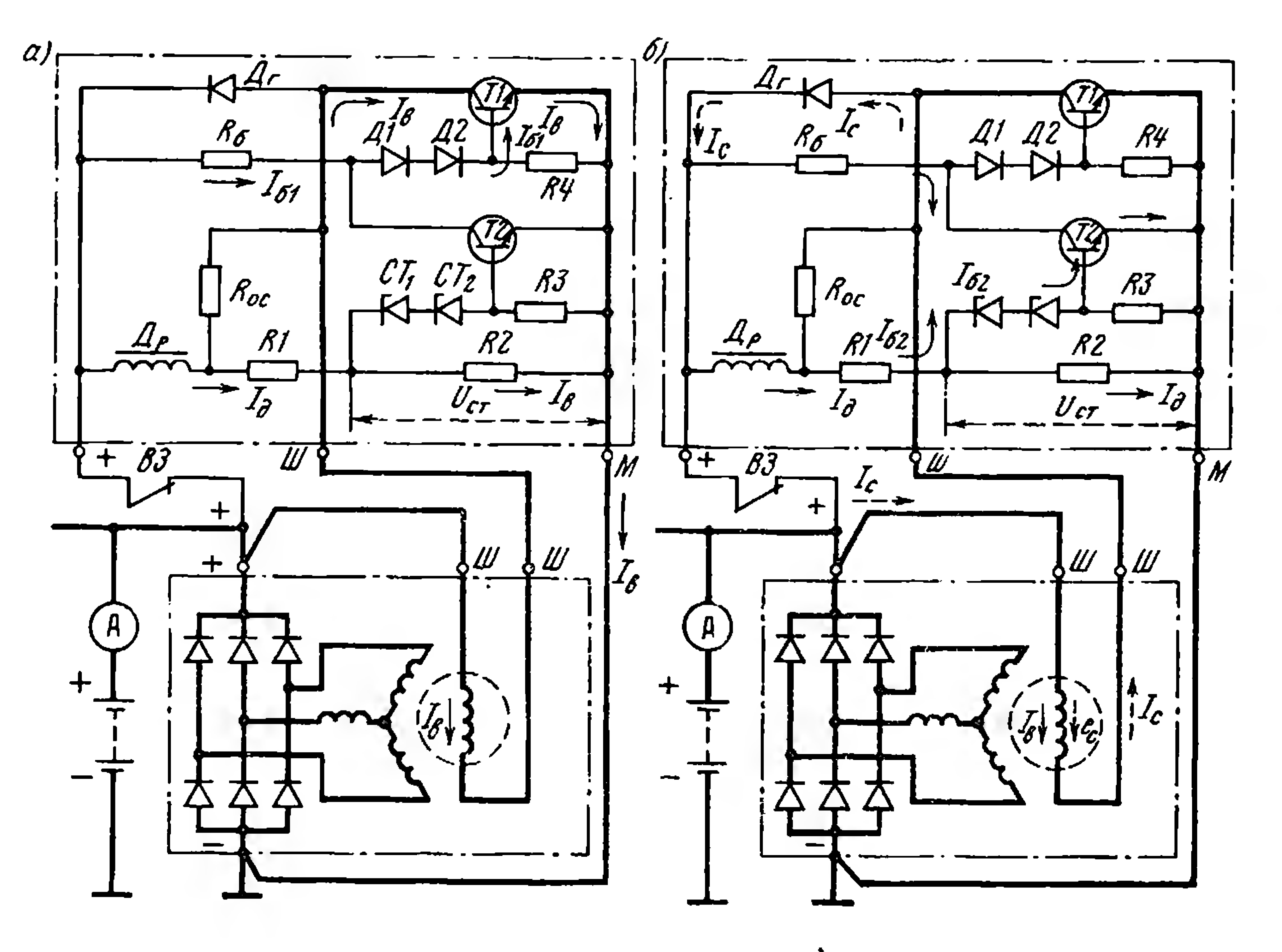


Рис. 80. Принципиальная схема регулятора напряжения РР356 и прохождение токов в ней при открытом (*а*) и закрытом (*б*) силовом транзисторе:

«+», *Ш*, *М* — выводные контакты штеккерных разъемов; *Т1* — силовой транзистор; *Т2* — управляющий транзистор; *ДГ* — гасящий диод; *Д1*, *Д2* — диоды; *СТ1*, *СТ2* — стабилитроны; *Др* — дроссель; *R1*, *R2* — резисторы делителя напряжения; *Rос* — резистор обратной связи; $R_б$ — резисторы сопротивления базы транзистора *Т1*; *R3*, *R4* — резисторы

Возникший ток базы $I_{б1}$, проходящий по цепи: «+» регулятора — резистор $R_б$ — диоды *Д1* и *Д2* — эмиттерно-базовый переход транзистора *Т1* — зажим *М* (масса), открывает транзистор *Т1*. Тогда ток возбуждения $I_в$, проходящий по цепи: «+» генератора — зажим *Ш* генератора — обмотка возбуждения генератора — второй зажим *Ш* генератора — зажим *Ш* регулятора — открытый транзистор *Т1* — зажим *М* (масса) регулятора — «—» генератора, приобретает максимальную величину. При вращении ротора генератора последний возбуждается и с увеличением частоты вращения напряжение генератора возрастает.

Когда возрастающее напряжение генератора превысит установленный уровень, возросшее напряжение $U_{ст}$ на стабилитронах *Ст1* и *Ст2* пробивает их и тем самым открывает путь току $I_{б2}$ базы транзистора *Т2* (рис. 80, *б*). Последний, открываясь, замыкает накоротко эмиттерно-базовый переход транзистора *Т1*, вследствие чего последний запирается, прерывая цепь тока возбуждения. Ток возбуждения, а следовательно, и напряжение генератора резко снижаются, напряжение $U_{ст}$ также уменьшается, стабилитроны *Ст1* и *Ст2* снова запираются, вызывая запирание транзистора *Т2*

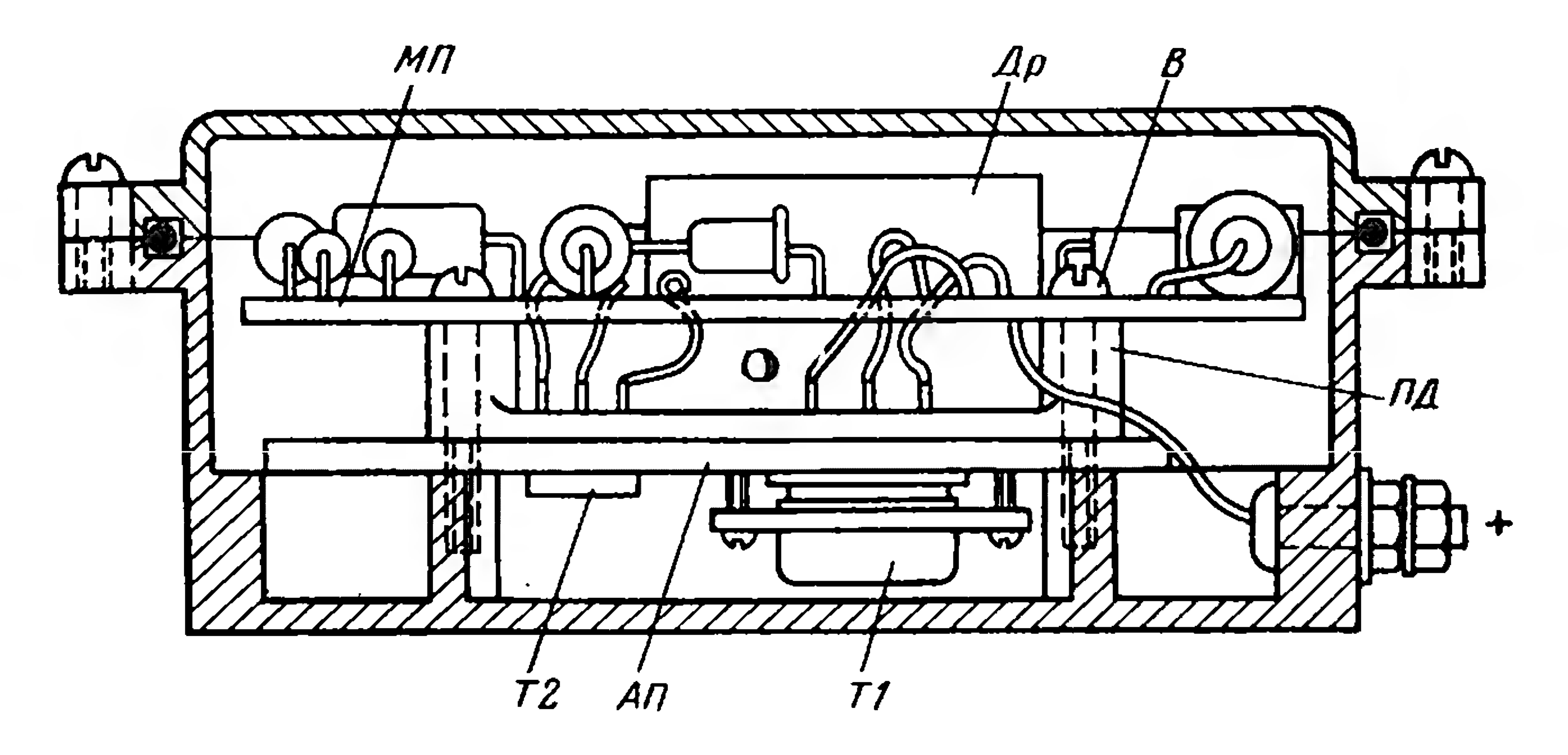


Рис. 81. Конструкция регуляторов напряжения РР132 и РР133 в разрезе: *Т1* — силовой транзистор; *Т2* — управляющий транзистор; *Др* — дроссель; *МП* — монтажная плата; *ПД* — изоляционная подставка; *АП* — алюминиевая пластина-теплоотвод; *В* — крепежный винт; «+» — входной зажим

и открывание транзистора *Т1* и процесс периодически повторяется с большой частотой.

Ток I_c, созданный э. д. с. самоиндукции e_c, возникающей в обмотке возбуждения при резком уменьшении в ней тока, замыкается по пути, показанном пунктирными стрелками через гасящий диод $Д_г$, минуя транзистор *Т1*.

Назначение дросселя *Др* и сопротивления резистора обратной связи R_{oc} такое же, как и в регуляторе напряжения РР350: дроссель *Др* сглаживает пики пульсирующего напряжения, а сопро-

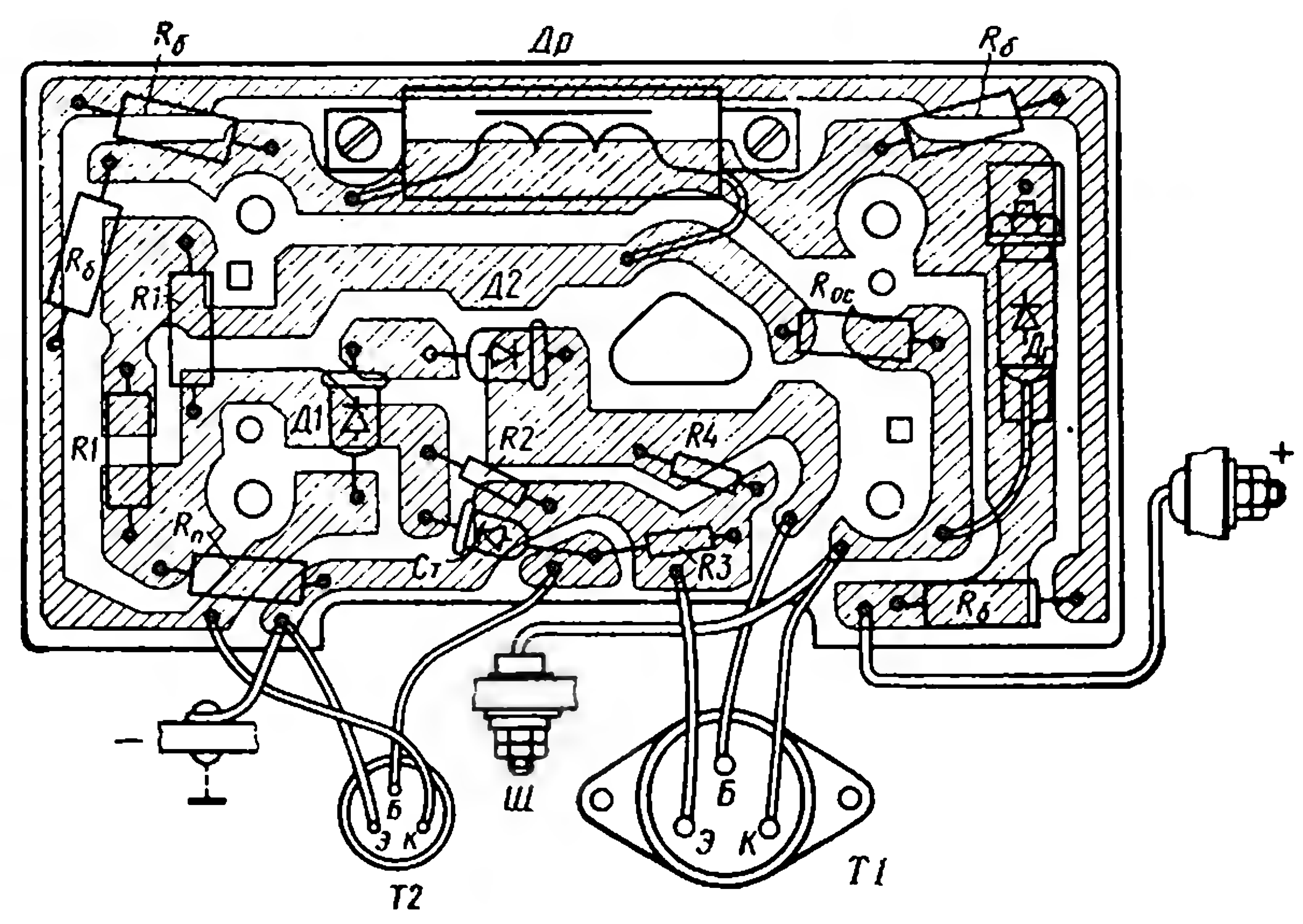


Рис. 82. Монтажная плата регулятора напряжения РР132 на 14 В (вид сверху). Обозначения те же, что и на принципиальной схеме рис. 83.

тивление резистора R_{oc} ускоряет переключение транзистора из состояния «открыт» в состояние «закрыт» и обратно.

Диоды *Д1* и *Д2* увеличивают надежность закрывания транзистора *Т1*, так как падение напряжения в них будет вычитаться из меньшего падения напряжения в открытом транзисторе *Т2* и напряжение между базой и эмиттером транзистора *Т1* будет практически равно нулю.

Регулятор напряжения РР356 также регулируется только при изготовлении на заводе подбором сопротивления резистора R_2 и в эксплуатации регулировке не подлежит.

Основные параметры этого регулятора приведены в табл. 8.

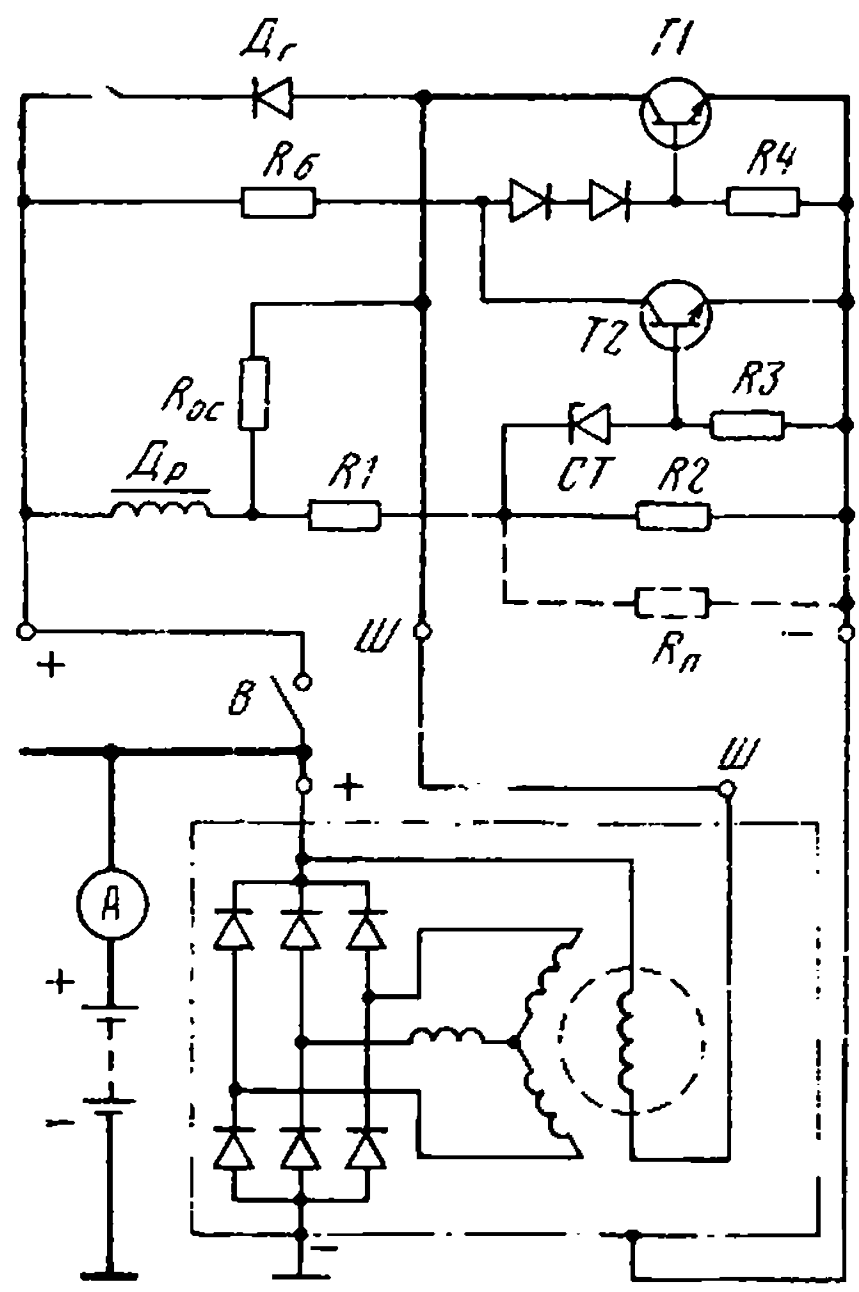


Рис. 83. Принципиальная схема регулятора напряжения РР132 на 14В: «+», *Ш* — обозначения зажимов; *Т1* — силовой транзистор; *Т2* — управляющий транзистор; *Ст* — стабилитрон; *ДГ* — гасящий диод; *Д1*, *Д2* — запирающие диоды; *Др* — дроссель; *R1*, *R2*, *R3*, $R_п$ — резисторы делителя напряжения; $R_б$ — резистор базы; R_{oc} — резистор обратной связи; *R4* — резистор

Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения РР132 и РР133. Эти регуляторы напряжения на кремниевых транзисторах предназначены для работы с новыми генераторами: РР132 на 14 В с генератором Г287 и РР133 на 28 В с генератором Г288 мощностью 1100 Вт, применяемыми на грузовых автомобилях с соединением на массу минусового полюса системы.

Конструкция обоих регуляторов напряжения совершенно одинакова (рис. 81). В корпусе, отлитом из алюминиевого сплава, расположены: монтажная плата *МП*, отделенная от алюминиевой пластины-теплоотвода *АП*, подставкой *ПД* из изоляционного материала. Все три детали: плата *МП*, подставка *ПД* и алюминиевая пластина *АП* привернуты к дну корпуса винтами *В*.

На алюминиевой пластине укреплены транзисторы: силовой *Т1* и управляющий *Т2*. Остальные элементы укреплены на монтажной плате *МП*, выполненной из фольгированного гетинакса методом печатного монтажа. Вид монтажной платы сверху показан на рис. 82.

Таким образом, расположение деталей в регуляторах напряжения РР132 и РР133 обратное по сравнению с регулятором напряжения РР356. Такое расположение удобнее, так как все детали, кроме транзистора, расположены сверху, и их исправность легко проверить осмотром, сняв крышку.

Крышка регуляторов отлита также из алюминиевого сплава и крепится 6 винтами. Корпус и крышка — сплошные, без вентиляционных отверстий, а между корпусом и крышкой проложен уплотняющий резиновый шнур, обеспечивающий защиту от проникновения пыли и влаги.

На рис. 83 показана электрическая схема регулятора напряжения РР132. Эта схема совершенно аналогична схеме регулятора напряжения РР356, но так как регулятор РР132 имеет номинальное напряжение 14 В, то в нем применен только один стабилитрон *Ст* и данные резисторов другие. Схема же 28-вольтового регулятора напряжения РР133, а также данные элементов схемы абсолютно одинаковы с таковыми у регулятора напряжения РР356.

Так как работа регуляторов РР132 и РР133 совершенно аналогична работе регулятора РР356, то она подробно не описывается. Обозначения элементов на схемах рис. 80 и 83, включая резисторы, также сделаны одинаковыми.

4. Интегральные регуляторы напряжения

Развитие современной микроэлектроники отразилось в автомобильном электрооборудовании в форме создания интегральных регуляторов напряжения, весьма малые размеры которых позволяют легко и удобно встраивать их в генератор. Таким образом, комплектная генераторная установка переменного тока с интегральным регулятором напряжения представляет собой одну единицу.

Рис. 84 наглядно показывает, насколько габариты и объем интегрального регулятора напряжения типа Я-112А меньше габаритов и объема обычного бесконтактного транзисторного регулятора напряжения типа РР350.

Первыми отечественными автомобильными интегральными регуляторами напряжения (ИРН), разработанными для автомобилей и внедренными на них, являются интегральные регуляторы типов Я112А и Я120.

Конструкция этих регуляторов (рис. 85) состоит из металлического основания *1*, выполняющего функцию теплоотвода блока мощных активных элементов и минусового вывода схемы; пластмассовой крышки *2*, защищающей элементы схемы от механических повреждений; жестких электрических выводов *3*, изолированных от основания. Внутри крышки помещен собственно регулятор, состоящий из керамической подложки с нанесенными на нее толстопленочными резисторами и напаянными отдельными полупроводниковыми элементами.

Герметизация элементов схемы регулятора осуществляется заполнением свободного пространства крышки топливоводостойким компаундом через отверстие *4*. Для исключения случаев неправильного монтажа регулятора на генератор основание имеет технологический ключ *5*. На пластмассовой крышке нанесено обозначение типа регулятора, величины номинального напряжения, электричес-

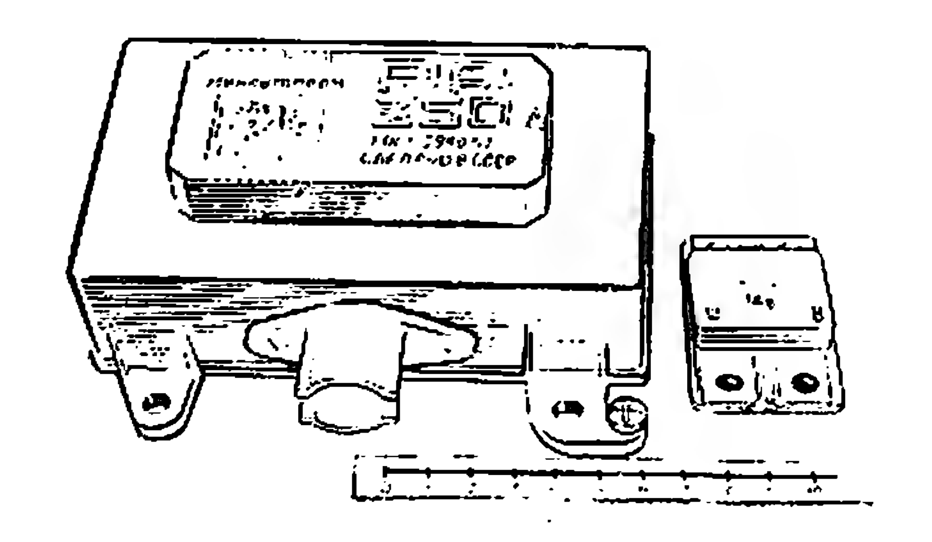


Рис. 84. Интегральный регулятор напряжения (справа) в сравнении с обычным транзисторным регулятором напряжения РР350. На рис. дан масштаб в сантиметрах

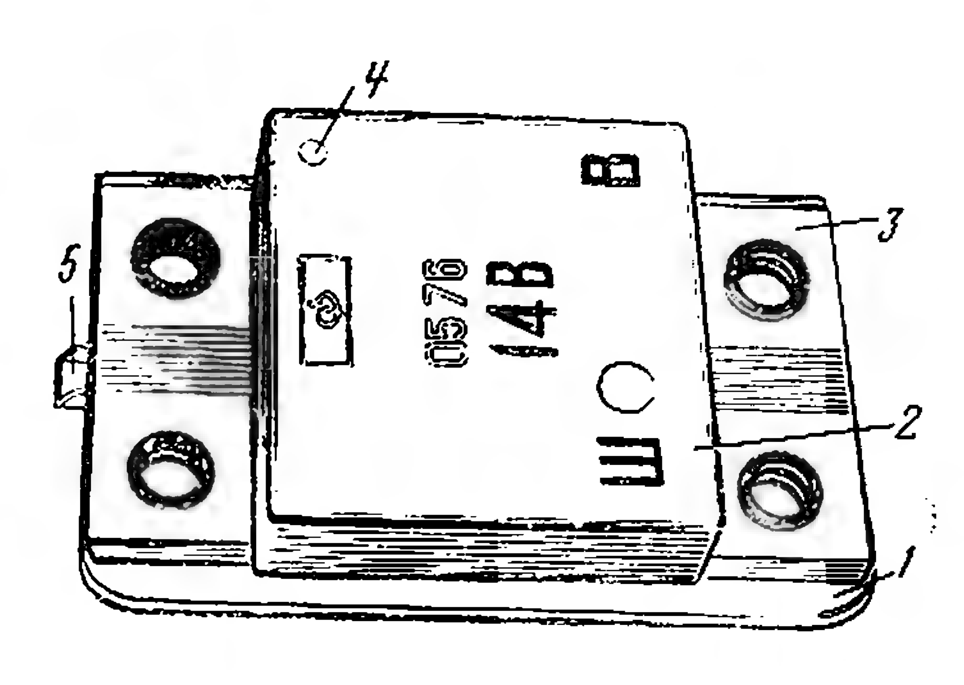


Рис. 85. Общий вид интегрального регулятора напряжения типа Я112А:

1 — основание; *2* — крышка; *3* — жесткие электрические выводы; *4* — отверстие для заполнения герметизирующим компаундом; *5* — технологический ключ

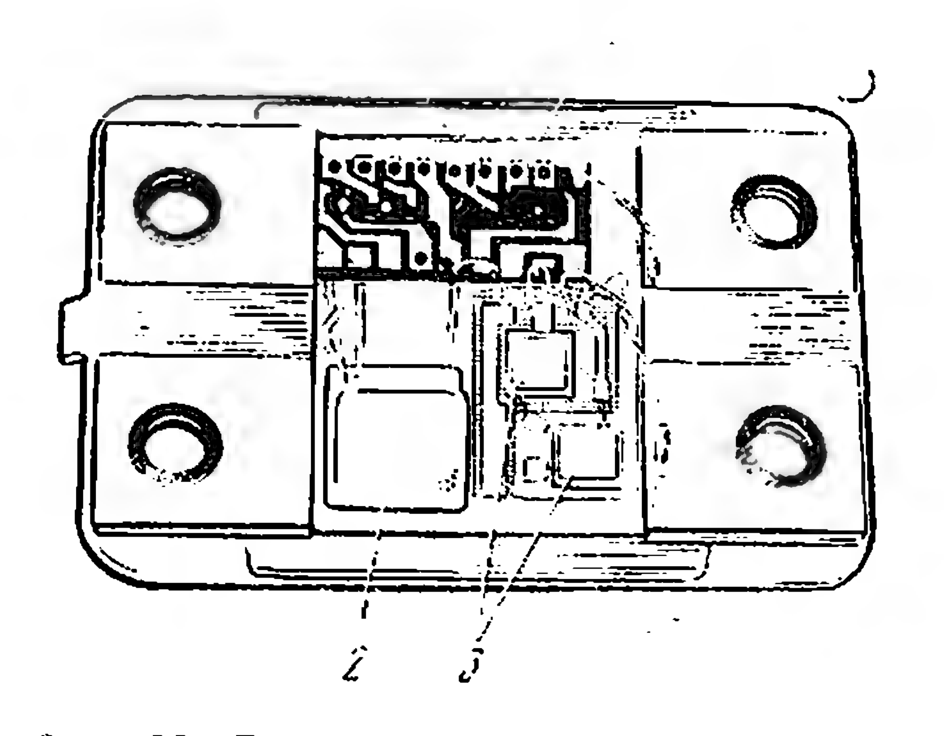


Рис. 86. Блоки пассивных и мощных активных элементов ИРН:

1 — блок пассивных элементов-резисторов и соединительных проводников; *2* — конденсатор; *3* — транзисторы (активные элементы)

ких выводов и дата выпуска.

В отличие от большинства известных конструкций зарубежных интегральных регуляторов напряжения, в регуляторах Я112 и Я120 маломощная и мощная части схемы выполнены в виде отдельных блоков — блока пассивных и маломощных активных элементов и блока мощных активных элементов (рис. 86), что позволяет применять при изготовлении ИРН прогрессивные способы сборки, осуществлять предварительный контроль параметров этих блоков перед передачей их на сборку ИРН и обеспечивать высокую надежность конструкции в условиях эксплуатации.

Монтаж выводов дискретных элементов к контактным площадкам керамической подложки выполнен способом объемной пайки. На металлизированную керамическую подложку напаяны бескорпусные мощные транзисторы и диод выходного каскада схемы интегрального регулятора напряжения. Этот способ обеспечивает наилучший теплоотвод тепла, выделяющегося в мощном выходном транзисторе.

Конструкция ИРН типа Я112 и Я120 может эксплуатироваться в условиях многократного изменения температуры окружающей среды от —60°С до +85°С, длительного воздействия повышенных температур до +115°С, при воздействии вибраций в диапазоне до 5000 Гц с ускорением до 40*g*, многократных ударов с ускорением до 75 *g* и линейных ускорений до 25 *g*.

Конструкция ИРН типа Я112 и Я120 разработана с учетом обеспечения эксплуатации как в обычных, так и в тропических условиях.

Микроминиатюризация элементов ИРН достигается особыми формами их конструктивного оформления и специальными процессами производства.

Блок резисторов (пассивных элементов) изготовляется на теплопроводящей керамической пластинке (подложке) размером порядка 1 см². Сами резисторы и соединяющие их проводники изготовляются в виде толстой пленки из резистивной пасты ПР-500 (а проводники — из проводниковой пасты ПП-1) методом трафаретной печати, после чего подвергаются нагреву и термообработке. Проводниковые дорожки для повышения их электропроводности облуживаются серебросодержащим припоем ПСОСЗ-58. С обеих сторон керамической подложки с блоком резисторов формируются контактные площадки для припайки выводов дискретных (т. е. отдельных) элементов схемы — транзисторов, конденсаторов и др.

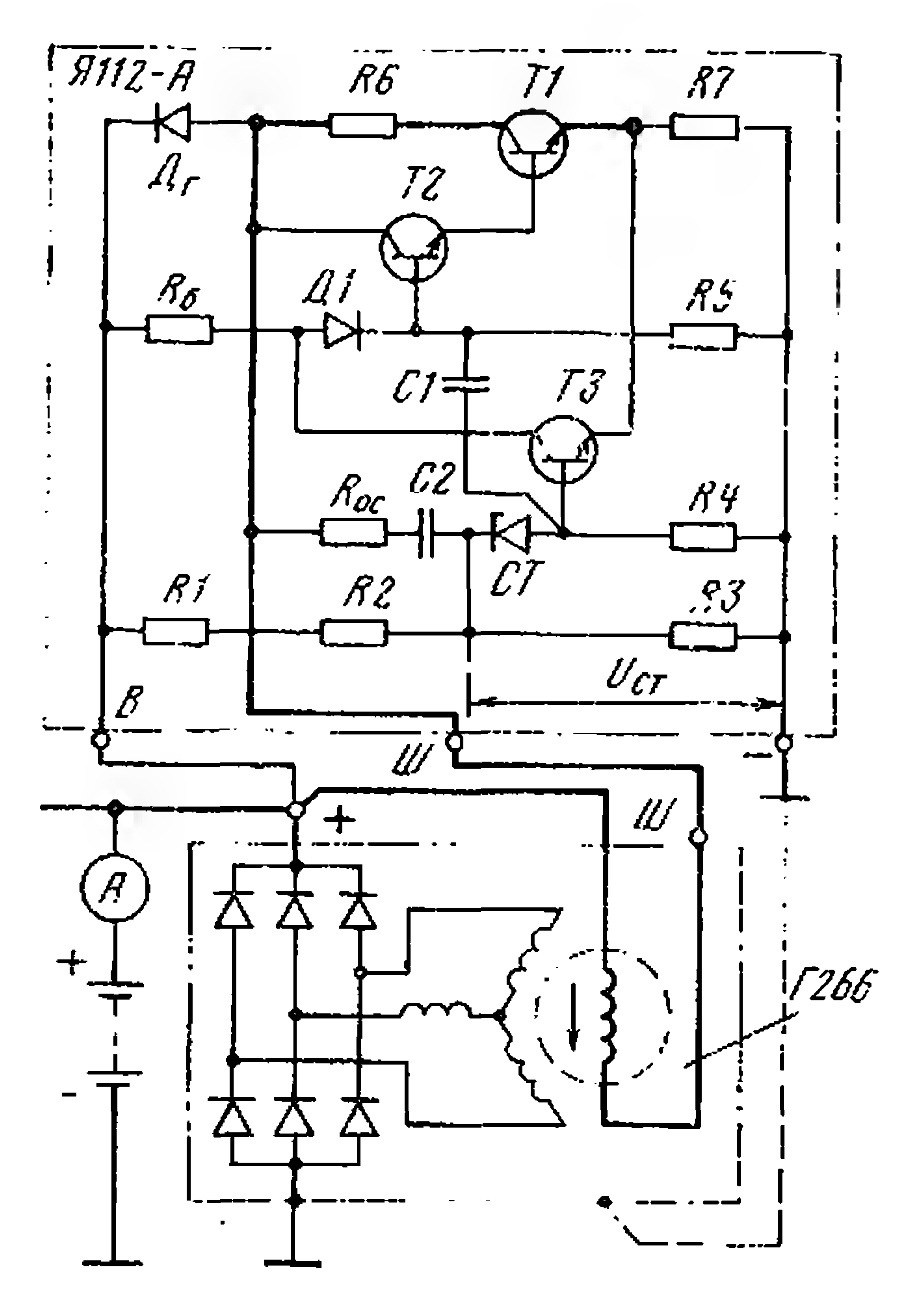


Рис. 87. Электрическая принципиальная схема соединений:

T1 и *T2* — составной транзистор; *T3* — управляющий транзистор; *Д*г — гасящий диод; *Д1* — запирающий диод; *Cт* — стабилитрон; *R1, R2, R3* — резисторы делителя напряжения; *R*б — резистор базы составного транзистора; *R4, R5* — резисторы; *R6, R7* — ограничительные резисторы малого сопротивления; *R*ос — резистор обратной связи; *C1, C2* — конденсаторы

Блок мощных активных элементов также изготовляется на металлизированных керамических подложках с высокой теплопроводностью. Бескорпусные транзисторы представляют собой пластинку из кремния, в которой вплавлением микроскопических капель примесей созданы два *p—n* перехода. Выводы изготовляются из алюминиевой проволоки $\varnothing=100$ мк, приваренной ультразвуковой сваркой к транзисторам и контактным площадкам. Миниатюрные размеры примененных транзисторов позволяют разместить в ИРН три транзистора и, кроме того, еще два-три транзистора с использованием у них только одного *p—n* перехода в качестве диода или стабилитрона.

Сборка ИРН заключается в монтаже блока пассивных элементов (резисторов) на основании и распайке соединений между ним и блоком мощных активных элементов способом бесфлюзовой

Таблица 9

Основные характеристики серии ИРН типа Я112 и Я120

Параметры	Я112-А	Я112-АТ	Я112-Б Я112-БТ	Я120-А	Я120-АТ	Я120-В Я120-БТ
Номинальное напряжение настройки, В	14,1 ± 0,2	13,5 ± 0,2	13,6 ± 0,2	28,5 ± 0,3	27,5 ± 0,3	27,5 ± 0,3
Падение напряжения в выходной цепи регулятора, В	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Максимальная сила тока обмотки возбуждения, А (при + 25°С)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Кратковременное максимально допустимое напряжение, В	115	115	115	115	115	115
Максимальный перегрев основания ИРН относительно температуры окружающей среды, °С	25	25	25	25	25	25
Частота переключения, Гц	25 — 800	25 — 800	25 — 800	25 — 200	25 — 200	25 — 200
Рассеиваемая мощность, Вт	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Габариты, мм	38×58×12	38×58×12	38×58×12	38×58×12	38×58×12	38×58×12
Масса, г	50	50	50	50	50	50

пайки, не требующей последующей химической обработки.

Настройка регулятора на заданный уровень напряжения производится изменением величины подстроечного сопротивления толстопленочного резистора с помощью луча лазера.

Полупроводниковые бескорпусные элементы и контактные соединения в них могут иметь скрытые дефекты, являющиеся причиной выхода из строя регуляторов в процессе эксплуатации. С целью выявления потенциально ненадежных ИРН все изготавливаемые регуляторы проходят токовую тренировку на специальных стендах в режиме максимальной рассеиваемой мощности при температуре +85°С, а также после герметизации подвергаются циклическому воздействию крайних температур эксплуатации (—40°С, +85°С) и двухсуточной выдержки при температуре +85°С.

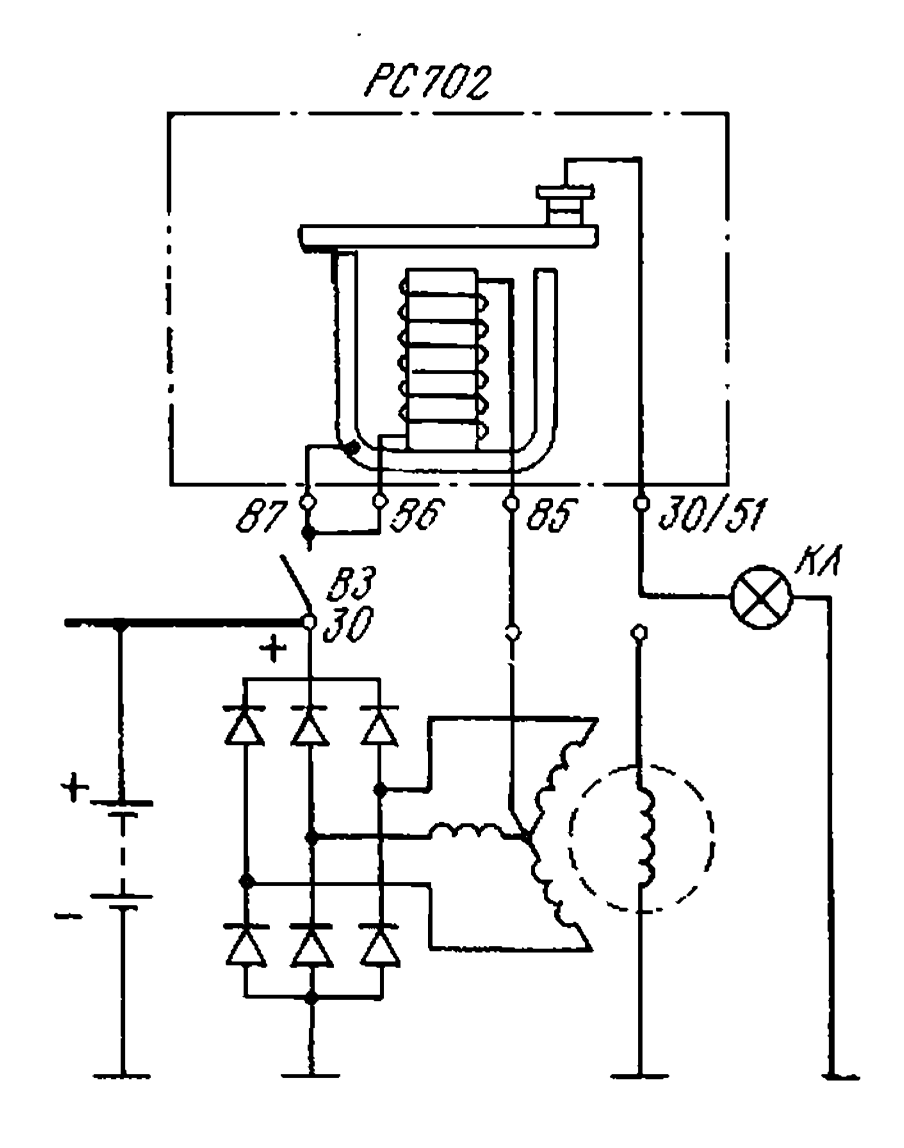


Рис. 88. Электрическая схема соединений реле РС702 контроля заряда аккумуляторной батареи автомобиля ВАЗ-2101:

30; 30/51; 85; 86; 87 — обозначения зажимов; *ВЗ* — контакты выключателя зажигания; *КЛ* — контрольная лампа

В табл. 9 приведены основные характеристики серии ИРН. Электрическая схема соединений регулятора с генератором показаны на рис. 87.

Современная тенденция в зарубежном и отечественном автомобильном электрооборудовании проявляется во все более и более широком внедрении ИРН вследствие их малых габаритов, простоты монтажа и надежности и поэтому следует ожидать, что в ближайшие годы на все типы массовых автомобилей будут устанавливаться генераторные установки с интегральным регулятором напряжения.

5. Контроль заряда батареи и блокировка стартера

Для контроля наличия зарядного тока аккумуляторной батареи во время движения автомобиля применяют амперметр или контрольную лампу.

Амперметр включают последовательно с аккумуляторной батареей таким образом, чтобы через него проходил только зарядный или разрядный ток батареи (за исключением тока мощных потребителей электроэнергии кратковременного действия: стартера, звуковых сигналов, часов, прикуривателя).

Схема включения амперметра в случае применения генераторов переменного тока приведена на рис. 1, 61 и 64.

Контрольная лампа. Вследствие запирающего действия выпрямительного устройства в установках с генераторами переменного тока отпадает необходимость применения реле обратного тока, параллельно контактам которого включают контрольную лампу в схемах с генераторами постоянного тока. Для того чтобы судить об исправности генераторной установки переменного тока и о наличии зарядного тока, контрольную лампу можно включать на стороне переменного тока генератора. Однако контрольная лампа должна гаснуть во время езды и загораться лишь в тот момент, когда напряжение генератора недостаточно для обеспечения заряда батареи. Если же во время езды контрольная лампа продолжает гореть, то это должно указывать на неисправность генераторной установки. Непосредственное же включение контрольной лампы на зажимы аккумуляторной батареи во время движения и на стоянках при неработающем двигателе давало бы «обратные» сигналы, что, безусловно, недопустимо.

Поэтому в установках с генератором переменного тока используют специальные реле контроля заряда, схемы соединений которых с генератором приведены ниже.

Реле контроля заряда аккумуляторной батареи автомобиля ВАЗ-2101 (рис. 88) состоит из сердечника с расположенной на нем обмоткой и якорька с нормально замкнутыми контактами. Реле укреплено на основании и защищено металлической крышкой.

Реле контроля заряда имеет четыре зажима, к одному из которых «30/51» подключают контрольную лампу *КЛ*, а два других «86» и «87» соединяют с зажимом выключателя зажигания *ВЗ;* зажим «85» соединяют с нулевой точкой фазных обмоток генератора.

Реле контроля заряда работает следующим образом. При включении выключателя зажигания *ВЗ* контрольная лампа загорается и через нее протекает ток, замыкающийся по контуру: зажим «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* — зажим «87» — якорек реле — нормально замкнутые контакты реле — контрольная лампа — масса — зажим «—» аккумуляторной батареи. Лампа таким образом подключается на напряжение аккумуляторной батареи и горит с нормальным накалом.

Ток в обмотке реле в это время равен нулю, так как его протеканию препятствует очень высокое обратное сопротивление кремниевых вентилей отрицательной полярности, соединенных с массой.

При работе генератора в его фазах наводятся э. д. с., которые выпрямляются посредством силовых вентилей. Обмотка реле, включенная между положительным зажимом «30» генератора и нулевой точкой обмоток статора, оказывается под выпрямленным фазным напряжением. Когда выпрямленное напряжение генератора достигает нормальной величины 13,8—14,5 В, обеспечивающей заряд батареи, то напряжение на обмотке реле, равное при этом

6,5—7 В, создает намагничивающую силу обмотки и магнитный поток, достаточные для преодоления противодействующей силы пружины, вследствие чего контакты реле размыкаются и контрольная лампа гаснет.

Таким образом, контрольная лампа остается выключенной и не горит в течение всего времени исправной работы генератора. Если при работающем генераторе контрольная лампа загорается, то это сигнализирует водителю о том, что напряжение генератора стало ниже нормального и заряда батареи не происходит, т. е. что в генераторной установке имеется неисправность, которую необходимо устранить.

Таким образом, контрольная лампа должна гаснуть во время движения автомобиля с исправной генераторной установкой и загораться на остановках при выключенном двигателе или при работе на минимальной частоте вращения, когда генератор не развивает достаточного напряжения.

Реле контроля заряда имеет следующие основные данные:

Число витков обмотки	1500
Марка и диаметр провода, мм	ПЭВ 0,22
Сопротивление обмотки, Ом	29±2
Напряжение размыкания контактов, В	5,5±0,2
» замыкания » »	3,5±0,5

Реле блокировки РБ1 стартера (рис. 89) предназначено для автоматической блокировки стартера и управления лампой контроля заряда аккумуляторной батареи в системе электрооборудования автомобилей ЗАЗ-965 «Запорожец» и др.

Реле блокировки РБ1 состоит из двух основных узлов: реле с двумя обмотками и нормально замкнутыми контактами и выпрямителя *В* для питания шунтовой (основной) обмотки *ШО* реле от переменного напряжения генератора. Реле и выпрямитель расположены на общем основании и защищены от механических повреждений и попаданий грязи крышкой. В РБ1 используется серийное электромагнитное реле, аналогичное применяемым в регуляторах напряжения.

Шунтовая обмотка *ШО* изолирована от массы и подсоединена непосредственно на зажимы источника постоянного напряжения — выпрямителя, состоящего из четырех германиевых вентилей, включенных по схеме однофазного выпрямительного моста. Вспомогательная обмотка *ВО* одним концом соединена с подвижным контактом реле, а другим — через добавочный резистор *R* с зажимом *РС* (реле стартера). От зажима *РС* провод идет к зажиму добавочного реле стартера, на который поступает ток от батареи при включении стартера для пуска двигателя контактами *СТ* замка зажигания.

Контрольная лампа *КЛ* подсоединена одним выводом к выключателю зажигания *ВЗ* и другим — к зажиму *ЛК* реле блокировки.

Работа реле блокировки РБ1 происходит следующим образом. При включении выключателя *ВЗ* контрольная лампа горит

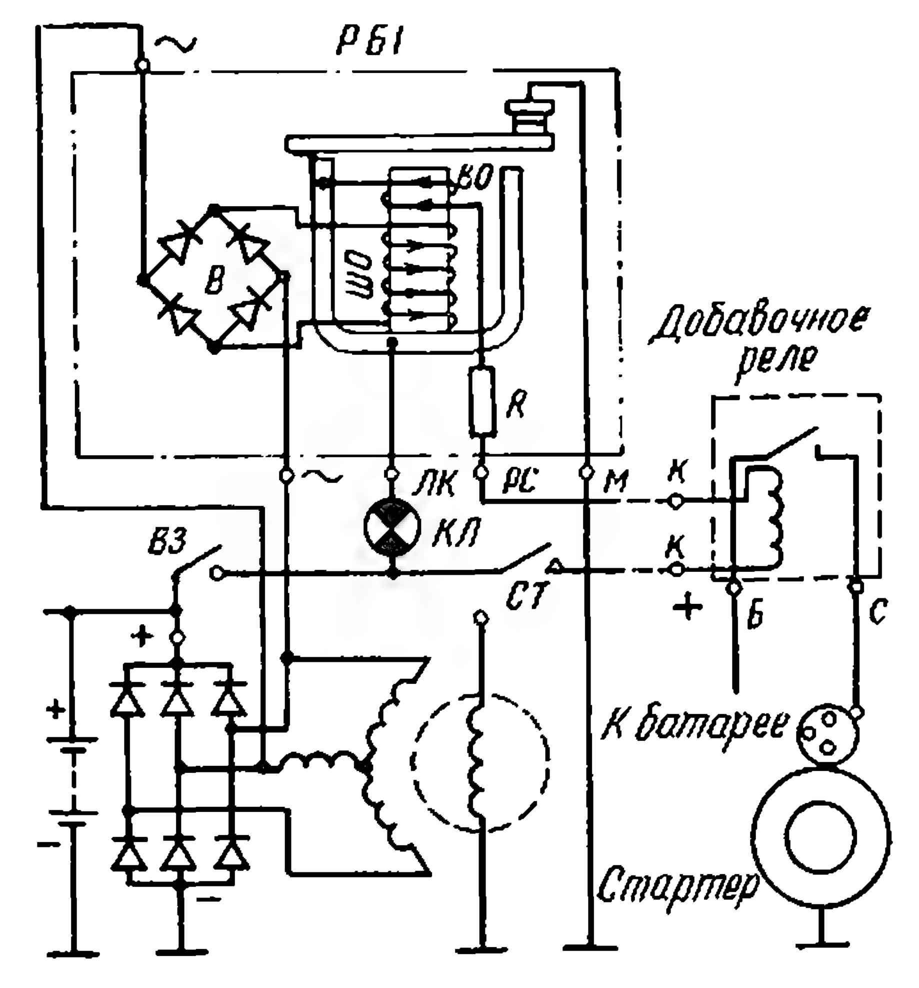


Рис. 89. Электрическая схема соединений реле блокировки РБ1 стартера автомобиля ЗАЗ-965 «Запорожец»:

«+»; ~; *ЛК*; *РС*; *М*; *К*; *Б*; *С* — обозначения зажимов; *В* — выпрямитель; *ВЗ* — контакты выключателя зажигания; *СТ* — контакты включения стартера; *КЛ* — контрольная лампа; *ШО* — шунтовая обмотка; *ВО* — вспомогательная обмотка; *R* — резистор

полным накалом, так как ток лампы замыкается по контуру: зажим «+» аккумуляторной батареи — контакты *ВЗ* выключателя зажигания — контрольная лампа *КЛ* — зажим *ЛК* реле — нормально замкнутые контакты реле — зажим *М* (масса) — «—» аккумуляторной батареи.

Если после включения выключателя зажигания *ВЗ* не происходит включения стартера, то генератор не работает, в его обмотках не возникает э. д. с., контакты реле остаются замкнутыми и контрольная лампа продолжает гореть полным накалом, сигнализируя о том, что генератор не работает и имеет место разряд аккумуляторной батареи на контрольные приборы, приборы зажигания, обмотку возбуждения генератора и другие включенные потребители электроэнергии.

В этом положении контактов реле обеспечивается возможность включения стартера, которое обычно осуществляется поворотом ключа зажигания в крайнее правое положение, вследствие чего замыкаются контакты *СТ* замка зажигания и ток поступает в обмотку добавочного реле через зажимы *К* — зажим *РС* — обмотку *ВО* — замкнутые контакты реле — зажим *М* и массу.

После пуска двигателя генератор возбуждается, в его обмотках возникает напряжение переменного тока, выпрямляемое выпрямителем *В;* под действием выпрямленного напряжения создается ток в шунтовой обмотке *ШО* реле. При увеличении линейного напряжения переменного тока до 9—10 В (эффективное значение напряжения, замеряемое вольтметром электромагнитной системы на зажимах переменного тока генератора) под действием намагничивающей силы шунтовой обмотки *ШО* реле и возникающего при этом магнитного усилия контакты реле размыкаются. В этот момент цепь контрольной лампы *КЛ* разрывается, и она гаснет, что свидетельствует о нормальной работе генератора.

При разомкнутых контактах реле размыкается также цепь обмотки добавочного реле включения стартера и тем самым исключается возможность крайне нежелательного включения стартера на работающий двигатель.

Вспомогательная обмотка *ВО* служит для исключения дребезжания контактов при срабатывании и отпускании якорька, что необходимо для более четкой работы системы блокировки стартера.

При включении стартера для пуска двигателя ток, поступающий в обмотку добавочного реле стартера, проходит далее через зажим *РС* и резистор *R* в обмотку *ВО* реле, которая включена встречно по отношению к шунтовой обмотке и ей частично противодействует. При пуске, когда двигатель заработал самостоятельно и напряжение генератора повысится до 9—10 В, контакты реле размыкаются и ток во вспомогательной обмотке *ВО* и ее встречный магнитный поток исчезают. Магнитный поток сердечника, создаваемый теперь одной шунтовой обмоткой *ШО*, увеличивается, и якорек и контакты реле прочно удерживаются в разомкнутом состоянии.

Основные данные реле блокировки следующие:

Шунтовая обмотка:	
число витков	2800±10
марка и диаметр провода, мм	ПЭВ-2, 0,19
сопротивление при 20°С, Ом	81±6,0
Вспомогательная обмотка:	
число витков	90±1
марка и диаметр провода, мм	0,41
Зазор между якорем и сердечником при замкнутых контактах, мм	0,35—0,45
Напряжение размыкания реле, В	9—10
» замыкания » »	6

Добавочный резистор (30±2,4 Ом) намотан из проволоки М-Х15Н60 на шнур из стекловолокна, пропитанного кремнийорганическим лаком.

Глава V

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

1. Порядок технического обслуживания

Техническое обслуживание генераторной установки переменного тока осуществляется при выполнении технического обслуживания автомобиля.

При ТО-1 проверяют установку генератора на двигателе и натяжение приводного ремня. Генератор на двигателе должен быть установлен таким образом, чтобы зазора между кронштейном двигателя и плоскостями лап генератора не было. Болты крепления должны быть надежно затянуты и предохранены от самоотвертывания контргайками или пружинными шайбами. При необходимости выборки зазора применяют регулировочные втулки. Оси профиля ручьев шкива генератора и шкива двигателя должны совпадать. Несовпадение осей не должно превышать 1 мм. Применение для крепления генератора болтов меньших по диаметру, чем требуется,

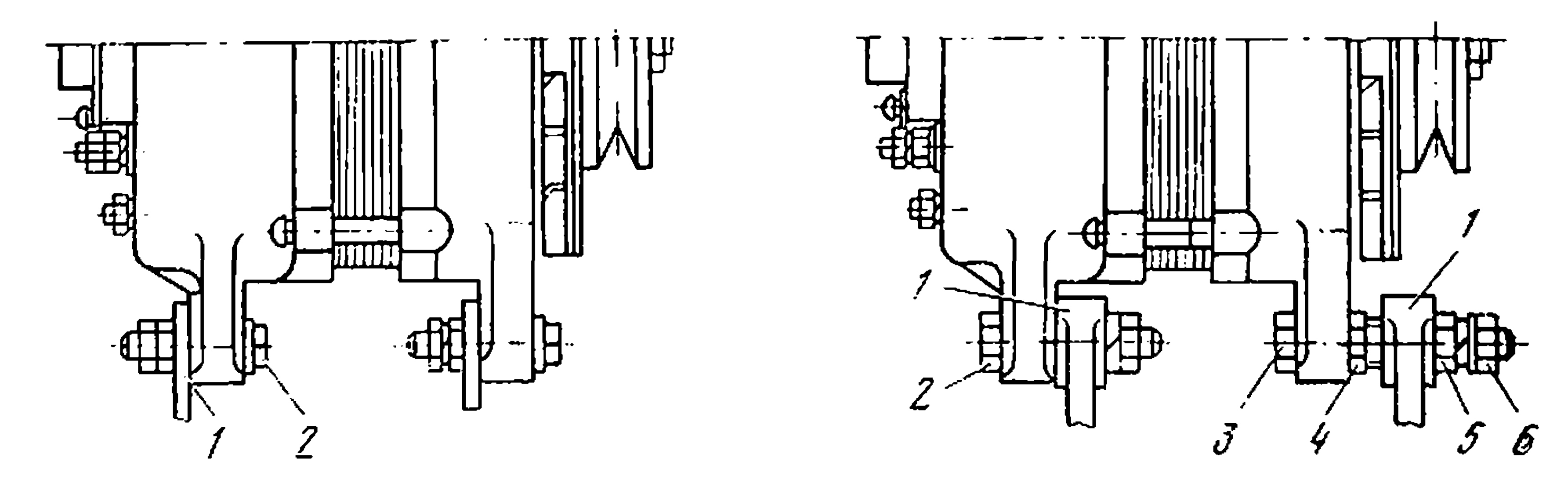


Рис. 90. Крепление генератора Г250 (*а*) и генератора Г271 (*б*)

недопустимо. При небрежной или неправильной установке неизбежен перекос ремня, его износ, а также разбивание отверстий в лапах генератора.

Приведем несколько примеров крепления генераторов на двигателях.

Генераторы Г250-Д1 на двигателях ГАЗ устанавливают на стальной кронштейн (рис. 90, *а*) и крепят двумя болтами 2. Зазор

Рис. 91. Крепление генераторов:

а — генератора Г290;
1 — болт; *2* — кронштейн двигателя; *3* — лапа генератора; *4* — гайка;
б — генератора Г290-Б;
1 — генератор; *2* — карданный вал; *3* — кронштейн привода; *4* — ремни; *5* — гайка; *6* — лапа генератора; *7* — кронштейн; *8* — болт

между лапами генератора и кронштейнами *1* при необходимости выбирают стальными шайбами.

На двигателях ЯМЗ генератор Г271 крепят при помощи болта с регулировочной втулкой (рис. 90, *б*). Сначала слабо затягивается болт *2* в крышке со стороны контактных колец, а затем болт *3* вставляют в отверстие задней крышки генератора и в отверстие регулировочной втулки *4*, ввернутой на резьбе в кронштейн двигателя. Регулировочную втулку устанавливают таким образом, чтобы она упиралась в торец лапы генератора, после чего затягивают гайку *6* и гайкой *5* законтривают регулировочную втулку *4*.

За счет овальных отверстий (под болты, крепящие кронштейн *1* к двигателю) генератор вместе с кронштейном перемещают в направлении продольной оси и устанавливают таким образом, чтобы оси профиля ручьев шкива генератора и ведущего шкива совпадали. Натягивают ремень и закрепляют болт крепления верхней лапы генератора к натяжной планке. После этого затягивают гайку болта *2* в крышке со стороны контактных колец.

Генераторы Г290 и Г290-Б имеют разные кронштейны (рис. 91, *а* и *б*) и устанавливаются на автомобилях ГАЗ отдельно от двигателя.

Генератор Г263-А на двигателе ЯМЗ-40 (рис. 92) закрепляют на литом кронштейне *4* при помощи двух натяжных лент *1*. Генератор *3* кладут на специальные посадочные места кронштейна; ленты охватывают генератор и приливы кронштейна и стягивают-

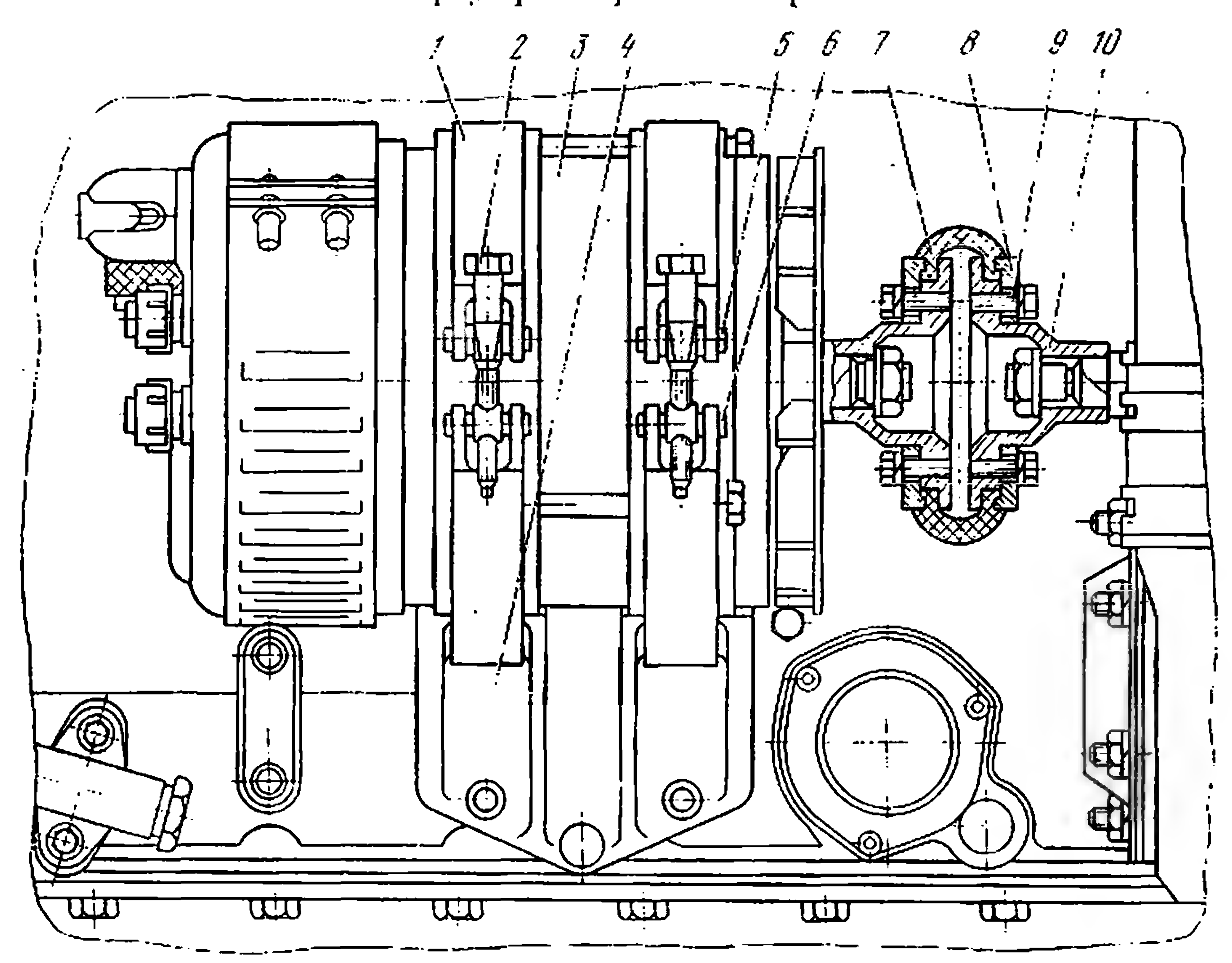


Рис. 92. Крепление генератора Г263-А

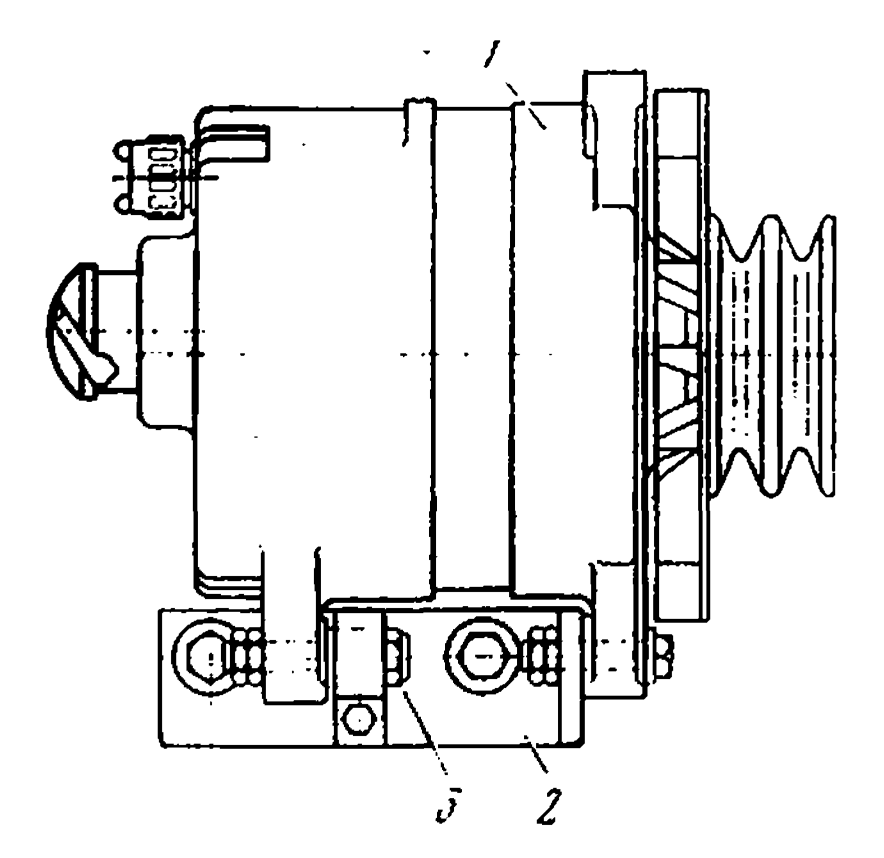


Рис. 93. Крепление генератора Г250-В2 и Г287:
1 — генератор; 2 — кронштейн; 3 — болт

ся болтами *2* при помощи сухарей *5* и *6*. Привод генератора осуществляется эластичной муфтой, состоящей из резиновой оболочки *7*, двух прижимных дисков *8*, крепящихся болтами *9* и прижимающих резиновую оболочку к ведущей и ведомой полумуфтам *10*.

Крепление генераторов Г250-В2 и Г287 на автомобиле ГАЗ-66 показано на рис. 93.

В левую лапу генератора вставляется и затягивается фасонный болт *3* с широкой и высокой гладкой головкой. Головка болта *3* заводится в отверстие разрезного ушка кронштейна, затем закладывается болт *2* другой лапы, после разрезное ушко кронштейна затягивается стопорным болтом.

Крепление генераторов Г250-И и Г287-Б на автомобиле ЗИЛ-131 производится при помощи кронштейнов *2* и *4* (рис. 94).

Крепление генератора Г221 на автомобиле ВАЗ-2101 показано на рис. 95. В отверстия лап генератора вставлены втулки *1* с резиновой оболочкой *3*. При затяжке гайки болта специальные шайбы *2* поджимают резиновую часть втулки с торца и уплотняют соединение.

При установке генератора на двигатель необходимо контролировать натяжение ремня. Натяжение приводного ремня должно быть таково, чтобы при нажатии большим пальцем руки на его середину между шкивами двигателя и генератора с усилием около 4 кгс прогиб ремня был в пределах 10—15 мм.

Слабое натяжение ремня вызывает проскальзывание его на шкиве генератора, что приводит к уменьшению частоты вращения генератора и снижению его отдачи. Кроме того, происходит сильный нагрев шкива и вала генератора, что приводит к заасфальтированию смазки в шариковых подшипниках и отказу последних в работе. Сильное натяжение ремня увеличивает нагрузку на подшипник генератора и может послужить причиной его преждевременного износа.

При ТО-1 также очищают от пыли и грязи наружные поверхности генератора, реле-регулятора и проверяют крепления и надежность контактов наконечников проводов с выводными зажимами.

ТО-2 рекомендуется начинать с проверки состояния проводов.

Автотракторные провода низкого напряжения с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией работают при температуре от минус 40°C до плюс 70°C. Провода изготавливаются одножильные

Рис. 94. Крепление генераторов Г250-И и Г287-Б:

1 — генератор; 2 — кронштейн передний; 3 — натяжная планка; 4 — кронштейн задний

марки ПГВА и двухжильные марки ПГВАД. Для соединения приборов в местах, где требуется экранирование, применяют экранированные провода ПГВАЭ, а для соединения приборов в местах, где требуется защита от механических повреждений, применяют провод бронированный марки ПГВАБ.

Экранированная оплетка состоит из медной проволоки диаметром 0,2—0,3 мм, луженой припоем ПОС-40. Броня выполняется в виде оплетки открытой спиралью из стальной оцинкованной или алюминиевой проволоки толщиной не менее 0,2 мм с шагом не более 3,5 мм.

При эксплуатации генераторных установок переменного тока на автомобилях и тракторах следует периодически проверять

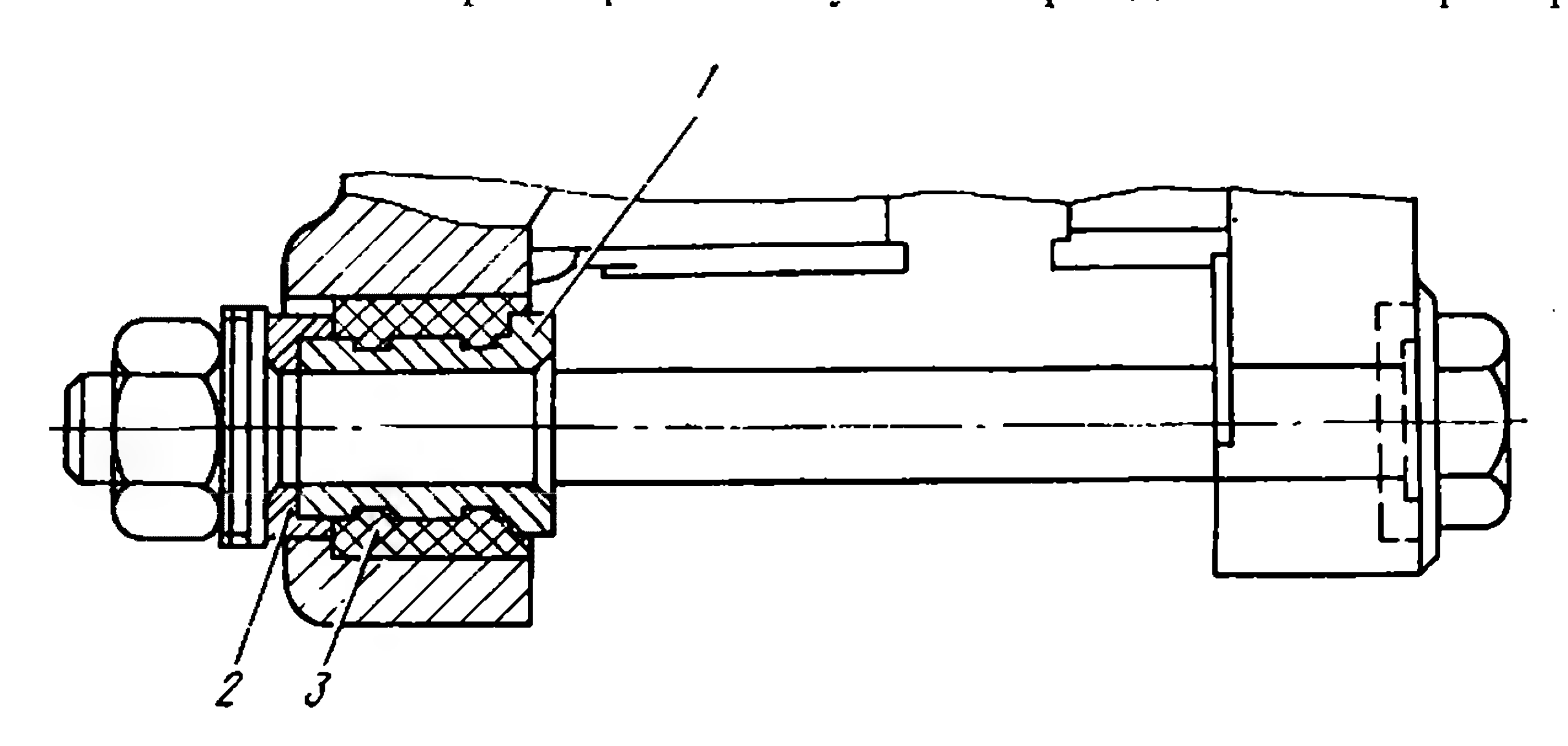


Рис. 95. Крепление генератора Г221

надежность крепления пучков проводов скобами, а также состояние изоляции проводов в местах крепления и пересечения проводов с металлическими деталями автомобиля.

Не следует допускать попадания топлива, масла на провода, так как это разрушает изоляцию проводов и сокращает срок их службы.

Опыт эксплуатации показал, что генераторная установка работает исправно до 100 000 км пробега; поэтому если при ТО-2, т. е. через 25 000—30 000 км пробега автомобиля, генераторная установка обеспечивает нормальный заряд аккумуляторной батареи, то снимать и разбирать генератор и реле-регулятор не следует.

Только при наличии неполадок в работе генератора и реле-регулятора необходимо прежде всего осмотреть в генераторе состояние щеток, контактных колец и щеточных пружин. Щетки должны иметь высоту не менее 7 мм (от места прилегания пружины до основания щетки) и свободно перемещаться в канале щеткодержателя; поверхность контактных колец должна быть чистой. Для такого осмотра достаточно отвернуть винты щеткодержателя и снять его с крышки генератора.

В отверстие, в которое был вставлен вынутый щеткодержатель, хорошо видны контактные кольца.

В реле-регуляторе прежде всего следует осмотреть контакты регулятора напряжения и реле защиты. Контакты регулятора напряжения и реле защиты практически в эксплуатации не изнашиваются и поэтому не нуждаются в зачистке. В случае загрязнения их следует промыть чистым бензином или спиртом и протереть плотной тканью или лучше всего капроновой лентой. Для этого достаточно снять крышку с реле-регулятора. Допускается промывка контактов при плановых ремонтах автомобиля.

Промывку можно выполнять также плотной тканью или капроновой лентой, смоченной спиртом или 20%-ным раствором лимонной кислоты.

Перед выездом, после пуска двигателя стартером, при средней частоте вращения коленчатого вала двигателя генератор должен давать значительный зарядный ток. Если стрелка амперметра при этом стоит у нуля или показывает незначительный зарядный ток, не следует сразу делать вывод о неисправности генератора или реле-регулятора, а необходимо проверить величину регулируемого напряжения. Если регулируемое напряжение не укладывается в заданные пределы, регулятор следует подрегулировать.

Одновременно необходимо проверить напряжение между зажимом «+» генератора и массой. Превышение этого напряжения более чем на 1,5 В относительно напряжения, замеренного на реле-регуляторе, указывает на неисправность цепи, большое переходное сопротивление в болтовых соединениях из-за слабой затяжки зажимов или большое падение напряжения на выключателе зажигания.

Подрегулировку регулятора напряжения необходимо осуществлять тогда, когда продолжительное время наблюдается значительный недозаряд батареи, выявившийся прежде всего в том, что при исправной системе пуска пуск двигателя затруднен.

В этом случае необходимо проверить регулируемое напряжение и повысить его величину на 0,3—0,5 В. Если, наоборот, продолжительное время наблюдается значительный перезаряд аккумуляторной батареи, выражающийся в интенсивном выкипании электролита, требуется снизить величину регулируемого напряжения на 0,3—0,4 В.

При эксплуатации автомобилей в районах Крайнего Севера или на Юге регулировку регулятора напряжения необходимо менять в соответствии с Едиными правилами ухода за аккумуляторными батареями.

Рассмотрим проверку и регулировку реле-регулятора РР362 на автомобиле.

Крышку реле-регулятора осторожно снимают, чтобы не повредить электромагнитные элементы реле-регулятора внутренней поверхностью крышки.

Резиновую уплотнительную прокладку снимать с основания не следует.

Далее пускают двигатель. Частоту вращения вала двигателя доводят до 1300—2000 мин$^{-1}$ и после 10-минутной работы двигателя устанавливают реостатом нагрузку генератора 14 А или включают фары и задние фонари и выполняют подрегулировку специальным ключом.

Плавным поворотом ключа слегка изгибают кронштейн пружины и тем самым изменяют ее натяжение до положения, при котором вольтметр будет показывать заданное напряжение. После регулировки останавливают двигатель, осторожно надевают крышку и закрепляют ее винтами. Потом еще раз проверяют регулируемое напряжение при закрытой крышке реле-регулятора.

Особенностью регулировки контактно-транзисторного реле-регулятора является то, что корпус электромагнитного реле и пружины находится под напряжением относительно корпуса реле-регулятора; поэтому при пользовании плоскогубцами случайное касание ими корпуса вызовет короткое замыкание, которое может привести к отказу в работе реле-регулятора.

Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения могут регулироваться только в мастерской.

Кроме технического обслуживания, которое выполняют на автомобиле, существует комплекс ремонтных работ, проводимых в мастерской.

Характер неисправности всей генераторной установки определяют непосредственно на автомобиле, после чего изделия направляют на ремонт в мастерскую. В мастерской имеются оборудование и приборы для проверки характеристик, разборки и сборки изделий и их регулировки.

2. Особенности эксплуатации генераторных установок переменного тока

Генераторная установка переменного тока предназначена для работы только в схеме электрооборудования автомобиля с присоединением минусового полюса аккумуляторной батареи на массу.

Запрещается работа генераторной установки при разомкнутом выключателе массы — В.М. (т. е. при отключенной аккумуляторной батарее).

При работе генераторной установки без аккумуляторной батареи в момент отключения потребителей на автомобиле на выходе генератора возникают перенапряжения, появление которых связано с большой индуктивностью обмотки возбуждения генератора. Эти перенапряжения являются опасными для полупроводниковых приборов регулятора напряжения, так как они превышают допустимые по нормам величины и могут привести к повреждению и отказу в работе регулирующего транзистора.

Запрещается длительная работа с отключенным проводом от плюсового вывода генератора, так как при этом происходит сильный разряд аккумуляторной батареи и отказ ее в работе. В данном случае регулятор будет подключен только на напряжение аккумуляторной батареи, выходной транзистор будет постоянно открыт и через обмотку возбуждения все время будет протекать ток.

Регулирования напряжения при этом не происходит, т. е. с увеличением частоты вращения генератора напряжение на выходном зажиме «+» генератора сильно увеличивается. Режим опасен тем, что может привести к отказу в работе силового транзистора, так как он работает в линейной зоне и мощность, рассеиваемая на нем, превышает допустимую величину.

Нельзя допускать работу генераторной установки при отключенной батарее и отключенной нагрузке. В этом случае пульсация выпрямленного напряжения генератора становится значительной и оказывает влияние на работу регулятора: пики напряжения вызывают «ложное» срабатывание чувствительного элемента схемы — стабилитрона, а следовательно, и всей схемы регулятора, хотя среднее значение выпрямленного напряжения генератора еще не достигло величины, при которой должна срабатывать схема. При этом нарушается четкая работа регулятора, увеличивается частота переключения регулирующего транзистора, что ведет к увеличению его мощности рассеивания и перегреву, вследствие чего транзистор может выйти из строя.

В регуляторах напряжения с кремниевыми транзисторами (РР356, РР132, РР133), короткое замыкание зажимов *Ш* и «+» замыкает накоротко обмотку возбуждения, ток через нее не протекает, генератор не возбуждается.

Режим опасен тем, что приводит к отказу в работе регулирующего транзистора, так как его переход эмиттер-коллектор попадает под полное напряжение аккумуляторной батареи. Ток коллектора и мощность, выделяемая на транзисторе, больше допустимой — транзистор, перегреваясь, выходит из строя.

При коротком замыкании зажимов *Ш* и «—» выходной транзистор регулятора оказывается закороченным, напряжение генератора не регулируется и может с увеличением частоты вращения достичь опасной для ламп и других потребителей электроэнергии величины.

Этот режим опасен также для полупроводниковых приборов регулятора.

При ошибочном подключении аккумуляторной батареи с обратной полярностью («+» на массу), *р-п* переходы вентилей выпрямительного блока будут включены в прямом направлении. Сопротивление вентилей в прямом направлении составляет доли ома и ток, протекающий через них, достигает большой величины; происходит перегрев проводов, разрушение изоляции обмотки статора, пробой *р-п* переходов и полный разряд аккумуляторной батареи.

Необходимо строго следить за хорошим состоянием контактов и проводов между массой регулятора (зажим *М*) и массой генератора. Если контакт минусового полюса генератора с массой автомобиля нарушается, то при движении автомобиля амперметр будет показывать то заряд, то разряд батареи.

3. Основные неисправности генераторных установок

Установки с генераторами переменного тока работают значительно дольше и надежнее, чем установки с генераторами постоянного тока. Однако, несмотря на это, встречаются отдельные случаи неисправностей генераторных установок переменного тока, которые необходимо правильно определить и вовремя устранить. При движении автомобиля следует наблюдать за показанием амперметра или за контрольной лампой.

В эксплуатации имеют место три характерных случая неисправностей генераторной установки.

Первый случай. Амперметр не показывает заряда на средней частоте вращения коленчатого вала двигателя. Контрольная лампа горит полным накалом. Эти показания свидетельствуют о том, что генератор не заряжает аккумуляторную батарею и происходит ее разряд.

Одной из причин может быть обрыв цепи между генератором и аккумуляторной батареей. Обрывы чаще всего встречаются в местах соединений с зажимами и на перегибах проводов. В последнем случае обрывы провода обычно скрыты изоляцией. Обрыв в цепи, если он не обнаруживается внешним осмотром, определяют при помощи контрольной лампы при обязатель-

ном отключении генератора и реле-регулятора.

Одним концом провода контрольной лампы касаются массы автомобиля, а вторым последовательно касаются зажимов, идя по цепи в определенном направлении от батареи к генератору. Горение контрольной лампы указывает, что цепь на участке от точки касания до источника тока исправна, поэтому неисправность цепи нужно искать дальше этой точки. Погасание лампы при переносе точки касания показывает на наличие обрыва провода на участке между точками касания, соответствующими горению и погасанию лампы. Поврежденные провода лучше всего заменяют новыми или при необходимости сращивают путем скрутки и пайки. Место скрутки изолируют изоляционной лентой и полихлорвиниловыми трубками.

Падение напряжения в проводах проверяют вольтметром, замеряя величину напряжения в начале или в конце пути, питающей потребитель. Разность напряжений является величиной падения напряжения в данной цепи. Обычно допустимая величина падения напряжения в цепи составляет 0,5—0,8 В.

Второй причиной может быть обрыв в цепи возбуждения. Если провода зарядной цепи исправны, а амперметр все же не показывает заряда, то необходимо при работе двигателя на средней частоте вращения коленчатого вала при включенной батарее и включенных потребителях кратковременно, на 1—2 с, не более, перемкнуть отрезком провода зажимы *ВЗ* и *Ш* реле-регулятора. При этом нужно соблюдать осторожность, чтобы нечаянно не замкнуть на массу зажимы *Ш*, что вызовет отказ в работе транзисторного регулятора напряжения. Если при замыкании проводом зажимов *ВЗ* и *Ш* амперметр не показывает броска зарядного тока и искрения в точках касания провода к зажимам не происходит, то неисправность следует искать в проводе, соединяющем зажимы *Ш* реле-регулятора и генератора или в самом генераторе, который не возбуждается. Чтобы выяснить место повреждения (в проводе или генераторе), осторожно повторяют операцию замыкания зажимов *ВЗ* (или +) и *Ш* на самом генераторе. Если по-прежнему амперметр не покажет броска тока, то неисправность заключается в генераторе. Она может возникнуть по причине зависания щеток в каналах щеткодержателей или обрыва в цепи обмотки возбуждения генератора. Прежде всего следует проверить щетки.

Для устранения зависания щеток необходимо очистить каналы щеткодержателя от пыли и грязи, затем вставить щетки в щеткодержатели и убедиться, что они свободно перемещаются без заедания. Изношенные щетки необходимо заменить.

Для определения обрыва обмотки возбуждения щетки вынимают из щеткодержателя и к контактным кольцам через амперметр или лампу подводят напряжение 12—24 В. Если стрелка амперметра остается на нуле или лампа не загорается, значит, в цепи возбуждения имеется обрыв.

Третьей возможной причиной неисправности является «сбрасывание» нагрузки генератором. При токе нагрузки, равном нулю, генератор может развивать некоторое напряжение. Но при включении нагрузки напряжение генератора резко падает до величины, близкой нулю, и генератор не может питать включенную нагрузку. Это явление обусловлено, как правило, межвитковым замыканием в обмотке статора. При замыкании витков в одной или в нескольких катушках статора ток начинает протекать по короткозамкнутым виткам и во внешнюю цепь не попадает. Мощность генератора резко уменьшается, а так как сопротивление короткозамкнутых витков мало, то ток в них достигает большой величины и короткозамкнутые витки перегреваются, а их изоляция нарушается или полностью сгорает.

Межвитковое замыкание можно определить при помощи дефектоскопа ПДО-1. Если дефектоскопа в мастерской нет, то можно замерить сопротивление фазных обмоток статора. В фазе, сопротивление которой меньше, чем у других, имеется витковое замыкание.

Генератор также сбрасывает нагрузку в случае пробоя или обрыва в одном из вентилей выпрямительного блока. Наличие пробоя или обрыва в вентиле обнаруживают осциллографом ЭО-7 без разборки генератора по форме кривой выпрямленного напряжения. При обнаружении пробоя или обрыва вентиля генератор разбирают и проверяют каждый вентиль в отдельности. Обрыв и пробой отдельных вентилей обнаруживается контрольной лампой, соединенной с 12- или 24-вольтовой аккумуляторной батареей или с другим источником постоянного тока.

Наконец причиной может быть короткое замыкание цепи возбуждения. Амперметр в этом случае не показывает броска зарядного тока, но при замыкании проводов зажимов *ВЗ* и *Ш* возникает сильная дуга, а сам провод быстро нагревается.

В этом случае причиной отсутствия зарядного тока является короткое замыкание цепи обмотки возбуждения на массу, из-за чего срабатывает реле защиты в реле-регуляторе и напряжение генератора снижается почти до нуля.

В данном случае необходимо, отключив выключатель зажигания, устранить короткое замыкание, после чего заряд аккумуляторной батареи должен восстановиться.

Если при замыкании зажимов *ВЗ* и *Ш* амперметр показывает бросок зарядного тока, то сам генератор и провод, соединяющий зажимы *Ш* генератора и реле-регулятора, исправны, но, вероятно, неисправен реле-регулятор.

Прежде всего может произойти разрегулировка регулятора напряжения в сторону уменьшения регулируемого напряжения ниже уровня э. д. с. батареи. Убедиться в этом можно кратковременным натяжением пружины вибрационного регулятора напряжения. При этом должен появиться зарядный ток и без замыкания зажимов *ВЗ* и *Ш*. Эту неисправность устраняют подрегулировкой регулятора.

В контактно-транзисторном реле-регуляторе может произойти самопроизвольное срабатывание реле защиты, что видно при снятии крышки реле-регулятора. Эта неисправность может быть устранена незначительным повышением натяжения пружины реле защиты.

В реле-регуляторе может также произойти внутренний обрыв, который можно определить и устранить только в мастерской. В этом случае реле-регулятор необходимо снять и передать для ремонта в мастерскую.

Второй случай. При работе автомобиля на средней скорости стрелка амперметра колеблется, контрольная лампа мигает.

Это явление говорит о периодических нарушениях в цепи зарядного тока. Нарушение может быть вызвано ослаблением натяжения приводного ремня. В момент проскальзывания ремня частота вращения ротора генератора уменьшается, и отдаваемый во внешнюю цепь ток падает, что вызывает колебание стрелки амперметра. Ремень необходимо натянуть, и генератор тщательно закрепить.

Плохой контакт между щетками и контактными кольцами также приводит к колебаниям величины отдаваемого тока. Нарушение контакта между щетками и кольцами происходит за счет загрязнения контактных колец, повышенного износа щеток и уменьшения давления пружин на щетки. Через отверстие в основании щеткодержателя осматривают контактные кольца и очищают их от загрязнения тряпкой, смоченной в бензине.

Если длина оставшейся части щетки меньше 7 мм, то щетку заменяют. При уменьшении давления контакт между щеткой и кольцами может периодически нарушаться.

Нарушение заряда аккумуляторной батареи происходит также за счет сильного подгара контактов регулятора напряжения.

Третий случай. Стрелка амперметра длительное время показывает большой зарядный ток (более 10 А).

Этот признак указывает на то, что напряжение генератора, которое регулируется регулятором напряжения, превысило нормальное. В результате перезаряда электролит аккумуляторной батареи выкипает и аккумуляторная батарея в случае длительного перезаряда может прийти в негодность.

Для определения неисправности необходимо проверить регулируемое напряжение при средней частоте вращения коленчатого вала двигателя. Если уровень регулируемого напряжения выше заданных пределов, то регулятор следует подрегулировать.

Может случиться, что при ослаблении натяжения пружины регулируемое напряжение не снижается, т. е. регулятор не поддается регулировке. Наиболее вероятной причиной такого явления является пробой транзистора, вследствие чего сопротивление перехода эмиттер—коллектор равно нулю.

Для проверки транзистора следует остановить двигатель, и при включенном выключателе зажигания присоединить вольт-

метр или лампу напряжением 12 В между зажимами *Ш* и массой реле-регулятора и замкнуть контакты регулятора напряжения. При исправном транзисторе стрелка вольтметра покажет нуль (а лампа погаснет).

Если же показания вольтметра при таком принудительном замыкании не меняются (а лампа не гаснет), то это означает, что транзистор пробит. Такой реле-регулятор снимают и сдают в мастерскую для замены транзистора.

Механические неисправности. К числу неисправностей генератора относится шум и стук в генераторе.

Характерный стук появляется при ослаблении крепления шкива и вентилятора на валу ротора.

Ослабление крепления шкива и вентилятора, приводящее к стуку и шуму, а в дальнейшем и к поломке вентилятора, является следствием неудовлетворительной первоначальной затяжки гайки, крепящей шкив на валу ротора. В процессе эксплуатации при пусках и остановках двигателя недостаточно затянутая гайка позволяет несколько перемещаться шкиву, и за счет этой «игры» происходит выработка поверхности втулки шкива под валом генератора и ослабление крепления. Кроме этого, появляется выработка шпоночного паза в шкиве и вентиляторе.

Характерный стук в генераторе появляется также при задевании ротора за статор, причем статор сильно нагревается. Этот дефект может произойти за счет выработки стального кольца, залитого в крышку в гнезде для шарикового подшипника или иногда за счет выработки на валу посадочного места под шариковый подшипник.

В конечном счете отмеченные износы и стуки приводят к перегреву шариковых подшипников, к вытеканию и асфальтированию их смазки и разрушению сепараторов шариковых подшипников.

При работе с загустевшей и высохшей смазкой также слышен скрежет и стук. Повышенный шум, сопровождаемый отдельными ударами, появляется при ослаблении крепления генератора на двигателе. Эта неисправность приводит к выработке посадочных мест и отверстий в лапах крышки генератора.

Все перечисленные неисправности, если их не устранять сразу, быстро прогрессируют и приводят к поломкам, которые трудно ремонтировать. Поэтому при первом появлении ненормального шума и стука нужно осмотреть генератор, подтянуть его крепление и, если это не помогает, снять генератор и направить его в мастерскую для ремонта.

4. Ремонт генераторных установок

В случаях, когда обнаруженные неисправности нельзя устранить на автомобиле, генераторы, выпрямительные блоки и реле-регуляторы сдают в мастерскую для ремонта. Ремонт в зависимости от характера и объема работ подразделяют на текущий и капитальный.

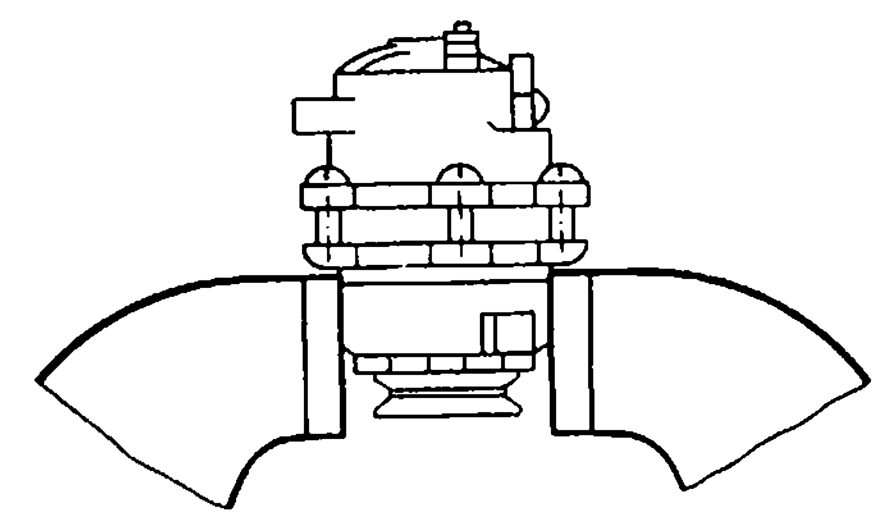


Рис. 96. Закрепление генератора Г250-Д1 во время разборки

При текущем ремонте изделия частично разбирают и заменяют мелкие детали, очищают наружную поверхность от пыли, грязи, масла, восстанавливают поврежденную изоляцию, испытывают и регулируют. При капитальном ремонте предусматривается полная разборка изделий, замена основных деталей и узлов, перемотка катушек статора и ротора, восстановление отдельных деталей.

Ремонт генератора начинают с его разборки. Рассмотрим последовательность и особенности разборки некоторых типов генераторов.

Генераторы Г250-Д, Г271-А. Для того чтобы снять крышку со стороны контактных колец, необходимо генератор установить в тисках шкивом вниз (рис. 96).

Открытым ключом 9×11 и отверткой 8 мм отвернуть два винта крепления щеткодержателя и снять щеткодержатель. Отверткой 6 мм отвернуть три винта крепления защитного колпачка подшипника со стороны контактных колец, снять три винта с пружинными шайбами и крышку подшипника. Отверткой 8 мм отвернуть четыре винта крепления крышек генератора.

Для снятия крышек применяют съемник с раздвижными лапами (рис. 97, *а*). Размеры съемника не указаны, так как они за-

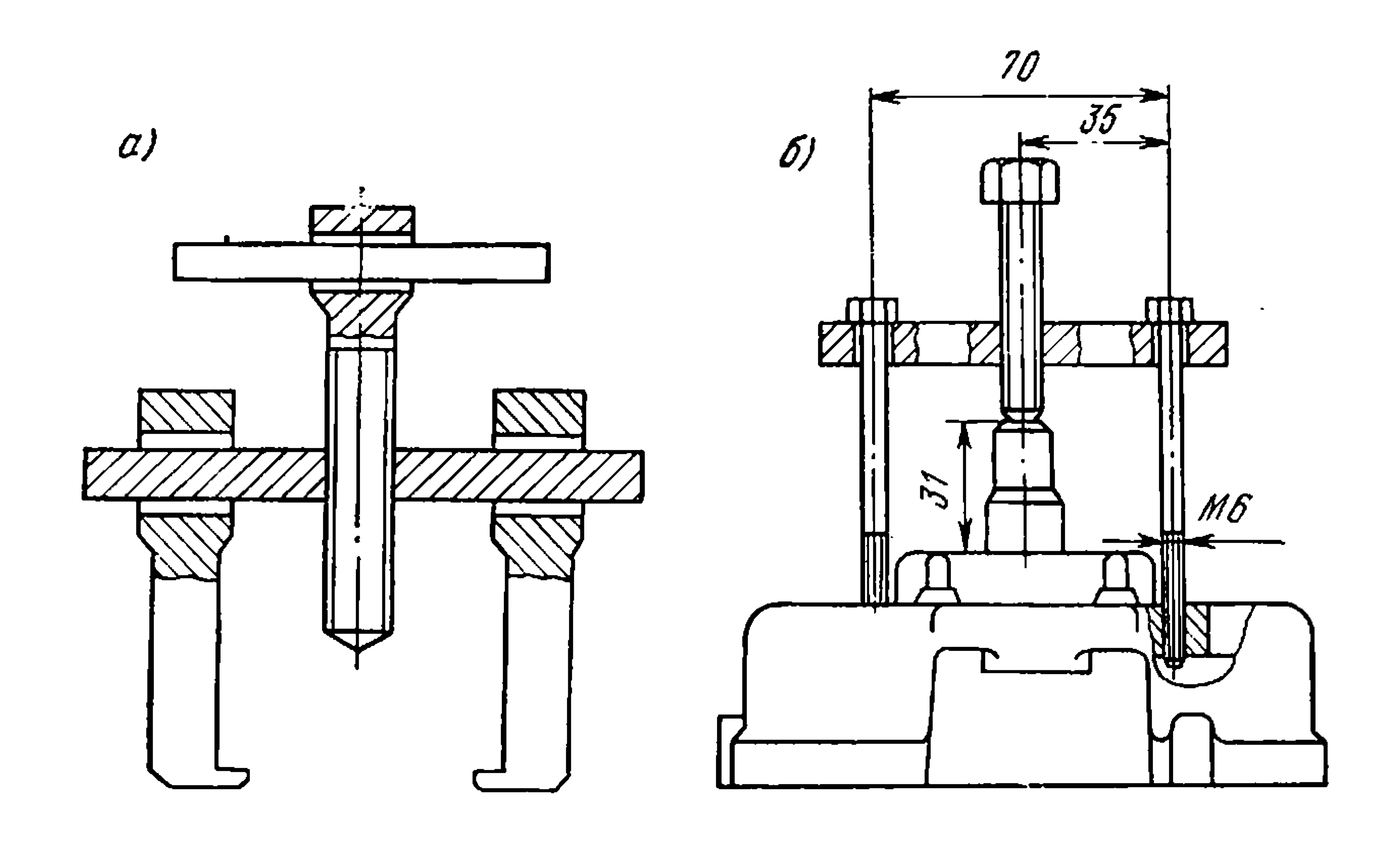


Рис. 97. Раздвижной съемник:
а — для крышки со стороны контактных колец и шкива; *б* — для крышки со стороны привода

висят от размеров генератора. Центральный винт съемника упирают в торец вала, а лапы подводят под торец крышки. Вращая центральный винт, снимают крышку вместе со статором.

Крышку со стороны привода в сборе с ротором закрепляют в тисках за ушко крышки и открытым ключом 17×19 отвертывают гайку крепления подшипника со стороны контактных колец, а ключом 22×24 — гайку крепления шкива.

Тем же съемником (см. рис. 97, *а*) снимают шкив, затем вентилятор и втулку. Выбивают бородком ∅2 мм шпонку из шпоночной канавки вала ротора.

Крышку со стороны привода снимают специальным съемником (рис. 97, *б*). Этот съемник предназначен только для генераторов Г250 и Г271. Центральный винт упирают в торец вала ротора, а боковые винты ввертывают в резьбовые отверстия на торце крышки. Ввертывая центральный винт в планку съемника, снимают крышку с вала ротора.

Разборку крышки со стороны контактных колец выполняют лишь при необходимости замены выпрямительного блока, контактного болта и его изоляции. Открытым ключом 9×11 отвертывают гайку крепления выводного болта «+», снимают пружинную и плоскую шайбы и изоляционную втулку.

Отверткой 8 мм вывертывают винт крепления выпрямительного блока и снимают его. При помощи съемника (см. рис. 97, *а*) снимают подшипник с вала ротора, для чего ротор устанавливают на специальную подставку.

Собирают генератор в обратном порядке.

Генератор Г221. Отвертывают специальный винт, крепящий щеткодержатель к крышке со стороны контактных колец. Снимают щеткодержатель. Отвертывают четыре гайки стяжных шпилек и вынимают их из генератора. Отвертывают гайку, крепящую шкив, снимают упорную конусную шайбу. При помощи съемника снимают шкив. Затем снимают крышку со стороны контактных колец вместе со статором. Отвертывают три гайки крепления фазных выводов обмотки статора к выпрямителям.

Из колодки штеккерного разъема вынимают наконечник нулевого вывода и отсоединяют статор от крышки со стороны контактных колец. Выбивают сегментную шпонку из шпоночного паза и снимают крышку со стороны привода с подшипником с вала ротора. Шариковый подшипник крышки со стороны контактных колец снимают с вала ротора при помощи съемника.

Генератор Г284. Отвертывают три винта защитной скобы щеткодержателя и снимают скобу. Отвертывают винты крепления щеткодержателя и вынимают его из отверстия в крышке. Отвертывают винт крепления полумуфты гидроусилителя рулевого управления и снимают полумуфту. Вывертывают три стяжные шпильки. Снимают крышку со стороны контактных колец вместе со статором при помощи съемника. Отвертывают гайку крепления фазных выводов статора и отделяют статор от крышки со

стороны контактных колец. Отвертывают гайку крепления шкива, снимают пружинную и плоскую шайбу.

Снимают съемником шкив, затем вентилятор и опорную втулку и выбивают шпонку из шпоночного паза. Кладут крышку со стороны контактных колец на верстак, и оправкой выбивают подшипник.

Отвертывают винты крепления подшипника в крышке со стороны привода, кладут крышку на верстак, и выбивают оправкой подшипник.

Генераторы Г290, Г290-Б. При помощи отвертки 6 мм отвертывают два стяжных винта защитной ленты и снимают ее с экрана. Отвертывают винты крепления экрана к крышке. Осторожно отделяют экран от крышки. Отвертывают винт, крепящий наконечник вывода *Ш* к щеткодержателю и гайки крепления наконечников выводов к фазным радиаторам. Снимают экран с крышки.

Открытым ключом 9×11 и отверткой 8 мм отвертывают два винта крепления щеткодержателя и вынимают его из гнезда в крышке. Открытым ключом отвертывают болт, крепящий выводы диодов к основанию щеткодержателя к крышке, и снимают его. Отверткой отгибают выступ стопорной шайбы и открытым ключом 34×36 отвертывают гайку на валу со стороны контактных колец.

Отсоединяют фазные выводы обмотки статора и выводы вентилей от теплоотвода. Снимают крышку съемником вместе с подшипником и с сальниковым уплотнением и упорной втулкой. Для этого винт съемника устанавливают в торец вала, а лапы подводят под крышку в месте приливов под стяжные болты. Осторожно постукивая по крышке деревянным молотком, отделяют крышку от статора.

Ключом 22×24 отвертывают гайку, крепящую шкив или фланец. Снимают шкив или фланец, вентилятор и втулку. При необходимости шкив или фланец снимают съемником. Выбивают шпонку из шпоночного паза вала. При помощи винтового пресса и подставки или съемником выпрессовывают вал ротора из подшипника со стороны привода. Для того чтобы вынуть подшипник из крышки, отвертывают винты крепления сальниковых устройств. Крышку кладут на верстак, и специальной оправкой выпрессовывают подшипник.

При сборке генераторов необходимо соблюдать соосность отверстий в крышках для стяжных шпилек. Для этого следует пользоваться стержнем соответствующего диаметра. Стержень должен свободно проходить через оба отверстия в крышках. Диаметр стержня должен быть на 0,2 мм меньше отверстий в крышке.

Генератор Г502. Свертывают гайки с вала со стороны контактных колец и со стороны привода и снимают две предохранительные втулки. Отвертывают шесть гаек на выводах генератора, снимают пружинные и плоские шайбы. Снимают щеткодер-

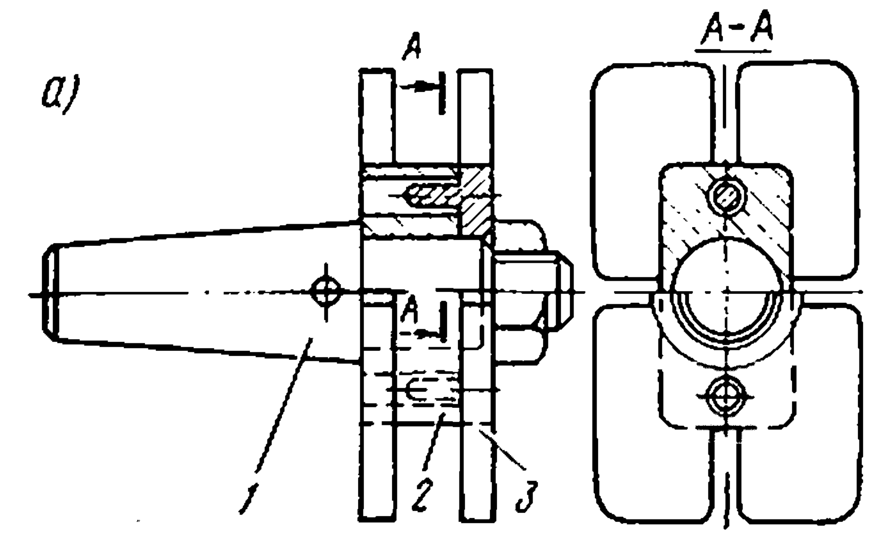
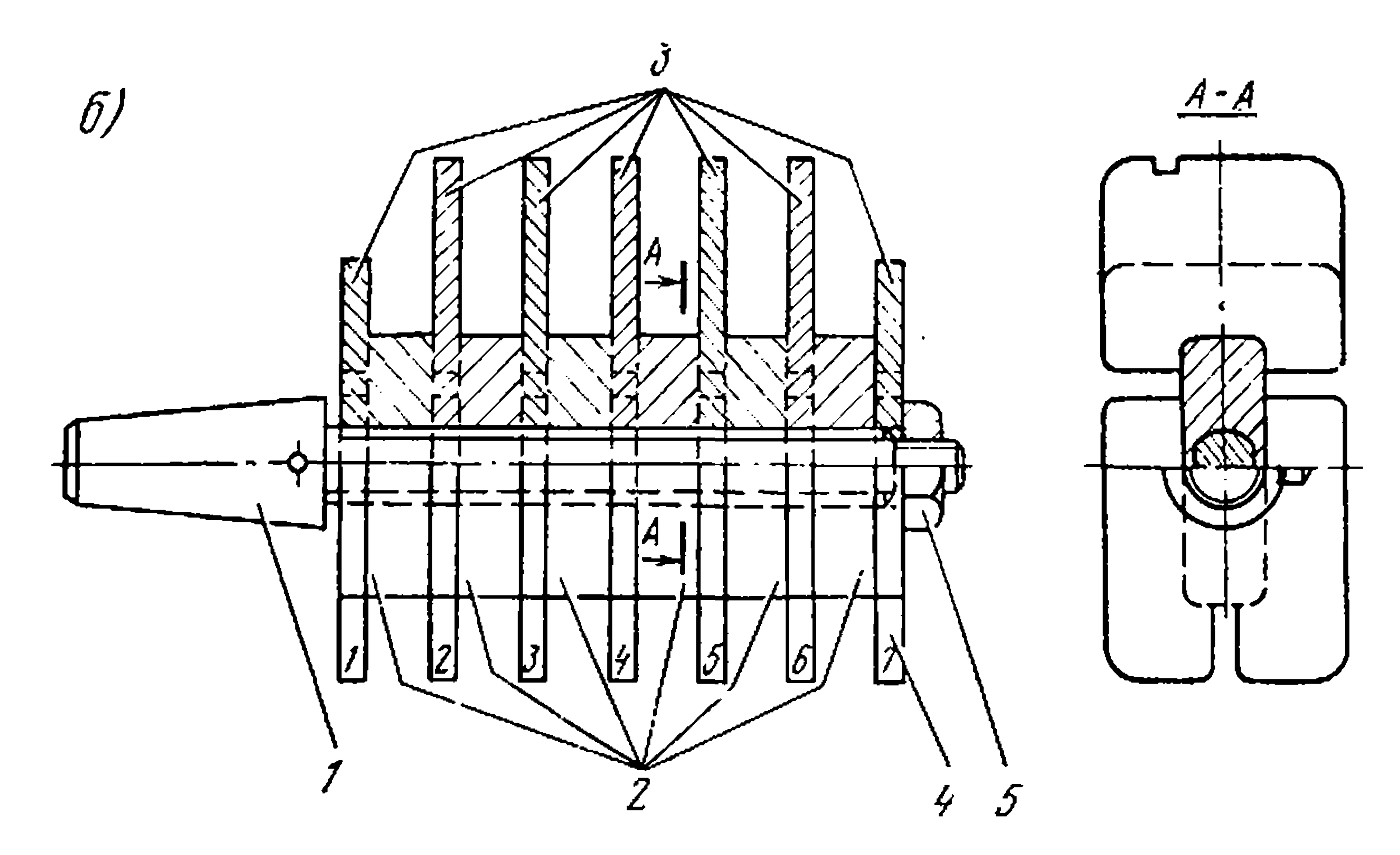


Рис. 98. Оправка для намотки катушек статора:

а — для намотки одной катушки; *б* — для намотки всех катушек фазы статора одним проводом;
1 — стержень; *2* — оправки; *3* — щеки; *4* — концевая щека; *5* — гайка



жатель с щетками, предварительно отвернув винты крепления. Вывертывают четыре стяжные шпильки. При помощи съемника спрессовывают крышку с подшипником со стороны контактных колец с вала ротора. Отвертывают винты крепления шайб подшипника со стороны контактных колец.

Устанавливают крышку на подставку и выбивают при помощи оправки подшипник из крышки. Снимают изоляционные втулки с выводных болтов. Снимают статор. При помощи съемника выпрессовывают крышку с подшипником со стороны привода с вала.

Собирают генератор в обратном порядке.

Генератор Г253 и Г285. Отверткой 6—8 мм отвертывают три винта, крепящих защитный колпачок подшипника со стороны контактных колец. Вынимают винты, пружинные шайбы и снимают колпачок. Зажимают генератор в тисках за шкив и отвертывают гайку, крепящую подшипник, и два винта, крепящие массовый и изолированный щеткодержатели к крышке. Вынимают щеткодержатели с щетками. Отвертывают два винта, крепящие панель выводных болтов к крышке.

Открытым ключом 10×12 отвертывают три стяжные шпильки и снимают крышку со стороны контактных колец. Снимают статор.

Открытым ключом 22×24 отвертывают гайку, крепящую шкив. Снимают шкив, вентилятор и выбивают шпонку из шпоночного паза. Съемником или на винтовом прессе выпрессовывают вал ротора из подшипника крышки со стороны привода. Отвертывают три винта, крепящие крышку подшипника, и оправкой выбивают его. Подшипник со стороны контактных колец снимают с вала съемником.

Собирают генератор в порядке, обратном разборке.

Перед установкой шарикового подшипника со стороны контактных колец на вал надевают металлическую маслоотбойную шайбу и картонную прокладку.

Шариковые подшипники ставят закрытой стороной внутрь генератора.

Ремонт статора. Намотка катушек статора производится на оправках (рис. 98, *а* и *б*).

У генератора Г250 каждая катушка состоит из 13 витков, намотанных в три слоя. Два слоя имеют по пять витков, верхний слой — три витка. На рис. 99 показана намотка одной фазы статора.

Концы выводов фазы обрезают по указанному размеру и зачищают от эмали на длину 6—8 мм.

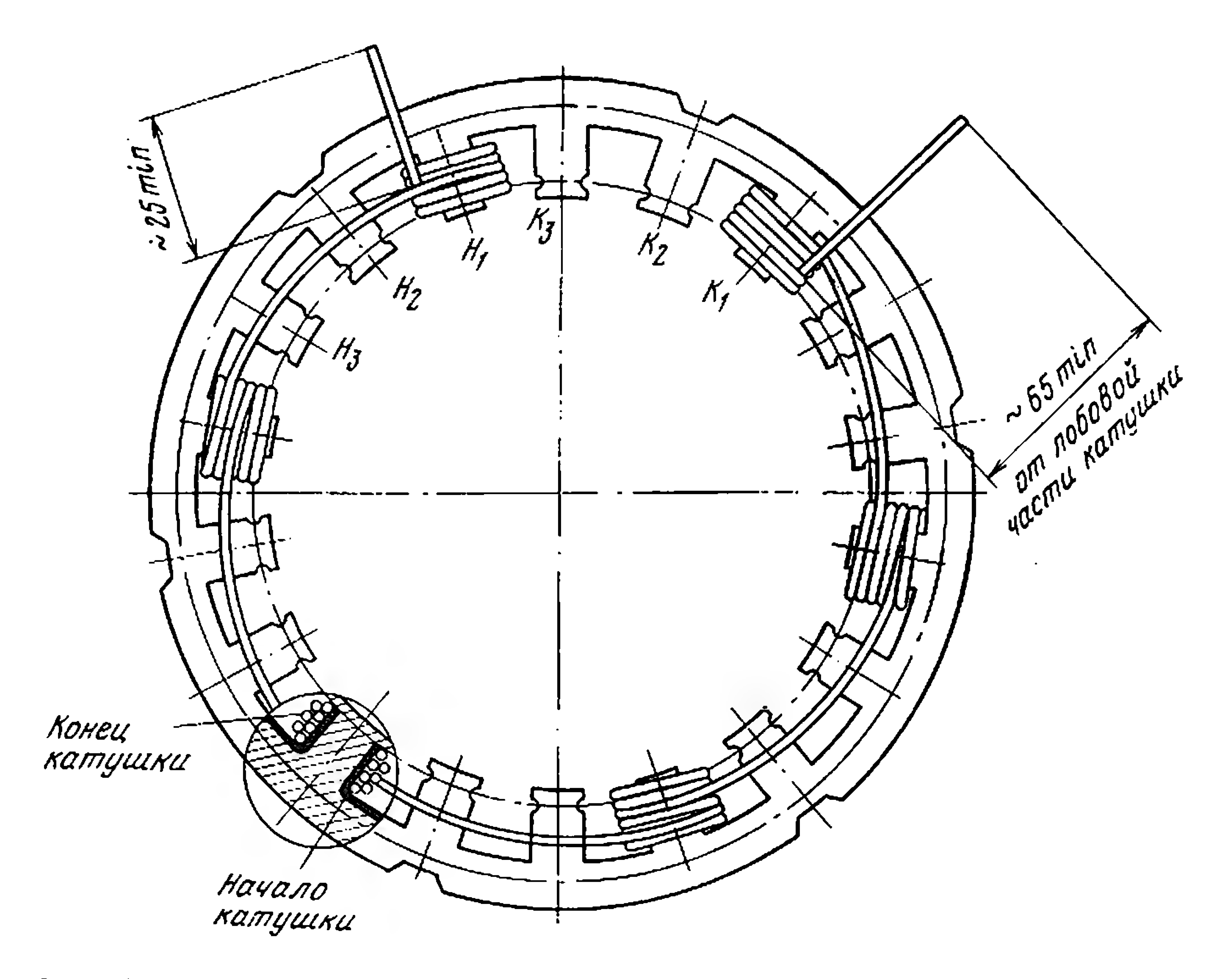


Рис. 99. Укладка катушек одной фазы генератора Г250:
Н1, Н2, Н3 — расположение начала первой, второй и третьей фаз; *К1, К2, К3* — расположение концов первой, второй и третьей фаз

Зачищенные концы начала фаз необходимо скрутить (в нулевую точку) и пропаять припоем ПОС40; на место скрутки следует надеть хлорвиниловую трубку ∅4 мм. На зачищенные концы фаз статора надевают хлорвиниловые трубки ∅2,5 мм и напаивают наконечники (рис. 100).

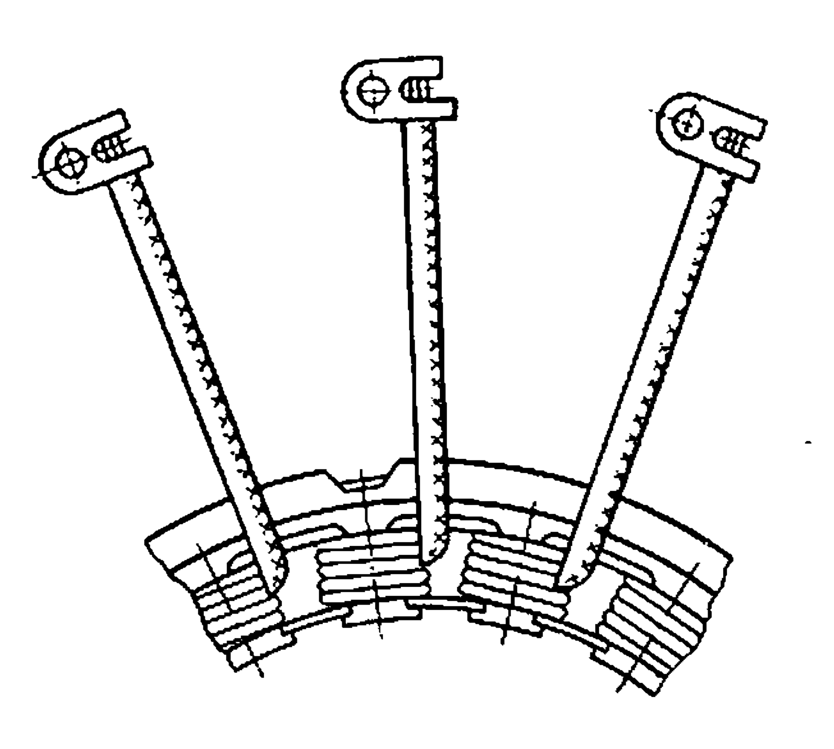


Рис. 100. Расположение фазных выводов у генераторов Г250 и Г271

Статор подвергают пропитке лаком. Пропитку проводят для обеспечения влагостойкости и теплостойкости изоляции катушек и скрепления витков между собой. Для пропитки необходимо иметь ванну с решеткой. Над ванной должен быть вытяжной зонт. Для пропитки применяют электроизоляционный лак МЛ-92 ГОСТ 15865—70 или ГФ95 ГОСТ 8018—70. В лак ГФ95 добавляют 15% меламиноформальдегидной смолы К-421-02. Вязкость лака должна быть 25—30 с по ВЗ-4 при 20°С. Статоры устанавливают в ванну в горизонтальном или вертикальном положениях оси пакета. Обмотка статора должна быть погружена в лак, за исключением фазных выводов.

Выдержка статора генераторов Г250, Г266, Г271, Г287 — 30—40 с, а генераторов Г263-А, Г286, Г290—2—3 мин. По окончании пропитки статоры выдерживают на решетке над ванной для стекания избытка лака, устанавливая их на боковую поверхность пакета железа в наклонном положении или на обмотку (фазными выводами вверх). После выдержки в течение 10—12 мин на воздухе, посадочные места статоров, наружную и внутреннюю цилиндрические поверхности пакета протирают от лака тканью, смоченной в бензине.

Статоры генераторов Г263-А, Г273, Г275, Г287, Г288 пропитывают дважды.

Сушка статоров производится в сушильном шкафу. Статоры устанавливают на боковую поверхность пакета или на торцовую поверхность посадочного места под крышки фазными выводами вверх. Сушка производится при температуре 100—120°С в течение 2—4 ч. После окончания сушки наплывы лака с наружной и внутренней поверхностей пакета железа и посадочных мест удаляются зачисткой при помощи острой металлической пластинки.

Ремонт ротора. При ремонте ротора заменяют обмотку возбуждения, протачивают или меняют контактные кольца, устраняют выработку на валу под посадочные места шариковых подшипников.

Роторы генераторов переменного тока по своей конструкции разделяют на две группы: с креплением полюсов и втулки на валу при помощи запрессовки на накатку или с креплением при помощи шпонок и гайки.

Таблица 10

Диаметры контактных колец генераторов

Диаметры колец	Г250, Г270, Г280	Г290, Г290-Б, Г263, Г256, Г2-Б	Г221	Г501, Г502-А	Г253, Г285
Диаметр кольца по чертежу, мм	$31_{-0,34}$	$24_{-0,28}$	$32,8_{-0,1}$	$30_{-0,14}$	$26_{-0,28}$
Диаметр кольца после ремонтной проточки, не менее мм	28,66	22,22	30,7	27,86	23,72

К первой группе относят генераторы Г250, Г271, Г278, Г502, ко второй — генераторы Г285, Г256, Г263, Г290.

При длительной эксплуатации генераторов за счет попадания на контактные кольца пыли, грязи, масла последние изнашиваются. На кольцах появляется выработка, которая, в свою очередь, приводит к быстрому и неравномерному износу щеток.

Проточку контактных колец выполняют на токарном станке. С одной стороны ротор зажимают цангой, с другой поддерживают центром. Проточку ведут до выведения черноты, но не более чем на 1 мм по диаметру (табл. 10). После проточки колец биение диаметров проточенных поверхностей относительно цапф вала должно быть не более 0,1 мм для всех типов роторов.

Для получения требуемой чистоты поверхности по 7-му классу контактные кольца полируют стеклянной шкуркой, не снимая ротора со станка.

Сильно изношенные контактные кольца (более чем на 1 мм) следует заменять. Для этой цели концы обмотки возбуждения отпаивают от колец и кольца спрессовывают с вала.

У генераторов Г250, Г270, Г261 кольца снимают последовательно одно за другим, а у генераторов Г501, Г285 снимают сразу оба кольца, так как они имеют общее пластмассовое основание.

Новые кольца напрессовывают на вал при помощи оправки на ручном прессе, после чего их протачивают и отполировывают. Выводы обмотки возбуждения припаивают к кольцам припоем ПОС40.

Если в автотранспортных предприятиях нет новых контактных колец, то их изготавливают собственными силами. В этом случае контактные кольца после отпайки выводов протачивают до удаления черноты. Затем изготавливают медные кольца с внутренним размером, соответствующим диаметру проточенных колец, и с наружным размером новых колец согласно табл. 10. Изготовленные таким образом кольца закрепляют на посадочных местах при помощи клея БФ-2. После сушки и припайки выводов поверхность колец только слегка полируют, но не протачивают (во избежание срыва и проворачивания наклеенных колец).

Обмотки возбуждения генераторов всех типов наматывают непосредственно на втулку ротора.

Приспособление для намотки обмотки возбуждения ротора (рис. 101) состоит из стержня *1*, втулки *3* и щек *2* и *4*. Размер *H* должен быть меньше, чем длина втулки, на толщину картонных шайб, приклеиваемых к катушке после намотки. Число витков, марка провода и сопротивление обмотки возбуждения для каждого типа генератора даны в приложении 3.

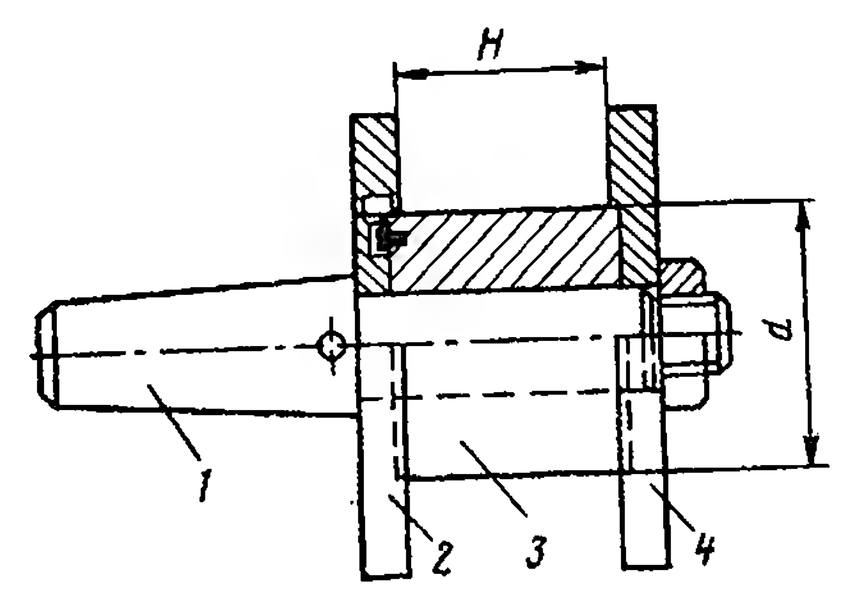


Рис. 101. Приспособление для намотки обмотки возбуждения

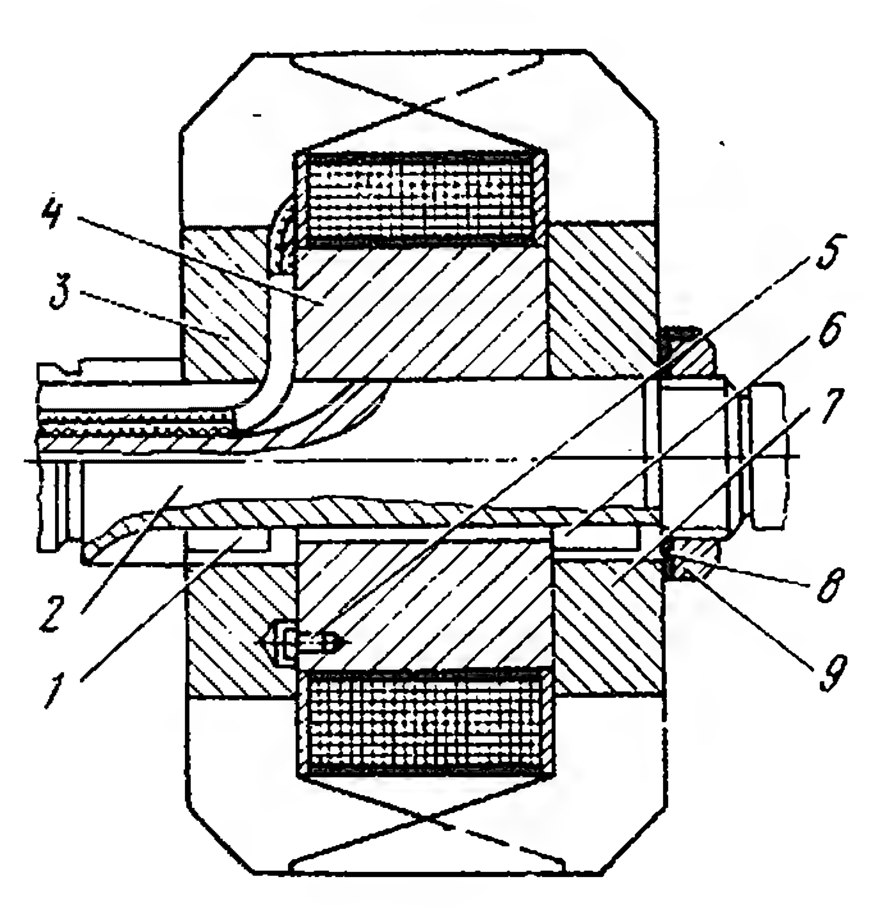


Рис. 102. Сборка ротора генератора Г290

Перед намоткой втулку по диаметру смазывают клеем и плотно обертывают кабельной бумагой. На вывод начала катушки надевают линоксиновый или полихлорвиниловый чулок, надрезанный на длине 7—10 мм от края. Надрезанную часть чулка укладывают вдоль втулки, после чего проводят намотку. Катушку мотают плотно, виток к витку. Между отдельными рядами прокладывают конденсаторную бумагу. На вывод конца обмотки надевают чулок и закрепляют его при бандажировке. Катушку бандажируют крепированной бумагой или при ее отсутствии — хлопчатобумажной лентой.

Для сборки ротора делают подставку к винтовому прессу по размерам ротора.

Вал ротора устанавливают в подставку, запрессовывают шпонку и надевают половину полюсов ротора. Затем устанавливают втулку с намотанной на нее катушкой возбуждения таким образом, чтобы отверстие во втулке совпало с головкой установочной шпильки на имеющейся половине полюсов ротора. После этого запрессовывают вторую шпонку, устанавливают вторую половину полюсов ротора и затягивают гайку, которую кернят в трех местах.

Для закрепления контактных колец ротор устанавливают вверх тем концом вала, который имеет насечку. На конец вала напрессовывают шайбу до упора. Выводы обмотки возбуждения предварительно вставляют в отверстия шайбы. У контактного кольца зачищают места под пайку и лудят. Собирают контактное кольцо с

пластиной изогнутым концом в сторону ротора и напрессовывают на вал так, чтобы шлиц в кольце совпал с канавкой валика.

Для того чтобы изолировать контактную пластину от вала между пластиной и валом вставляют деревянный клин. Один конец контактной пластины припаивают к контактному кольцу, другой — к выводу обмотки возбуждения. Второй конец обмотки возбуждения припаивают ко второму контактному кольцу.

Сборку ротора генераторов Г263, Г256, Г290 (рис. 102) необходимо начинать с установки шпонки *1* в вал ротора *2*. Затем устанавливают вал в подставку концом со стороны контактных колец вниз и напрессовывают до упора левую половину полюсов *3* ротора.

Втулку *4* с намотанной обмоткой возбуждения устанавливают на вал таким образом, чтобы фиксирующая шпилька *5* на втулке вошла в отверстие на левой половине ротора. При этом вывод от обмотки возбуждения укладывают в канавку на валу ротора в сторону контактных колец. После этого устанавливают вторую шпонку *6* под правую половину полюсов *7* ротора и напрессовывают последнюю на вал. При этом расстояние между противолежащими полюсами (клювами) левой и правой половинок ротора должно быть не менее 3,5 мм.

На вал ротора надевают стопорную шайбу *8* и затягивают гайку *9*. Один из выступов стопорной шайбы загибают на грань гайки. Для удержания выводов обмотки возбуждения в пазу вала в паз забивают деревянный клин. На шейку вала со стороны привода устанавливают разрезное кольцо.

Контактные кольца на вал устанавливают следующим образом. Первое кольцо напрессовывают на вал так, чтобы выступ на кольце находился против канавки на валу. Конец вывода обмотки возбуждения соединяют с выступом кольца и припаивают припоем ПОС40. Второе кольцо напрессовывают на вал и соединяют со вторым выводом обмотки таким же образом.

Роторы пропитывают лаком ГФ95. Для этого ротор устанавливают вертикально в ванну с лаком контактными кольцами вниз. Пропитку производят в течение 15 мин. По окончании пропитки и выдержки на воздухе в течение 10—15 мин тряпкой, смоченной бензином и отжатой, протирают резьбу, посадочные места под шариковые подшипники на валу и контактные кольца.

Для сушки ротор устанавливают вертикально контактными кольцами вниз в сушильный шкаф. Сушку выполняют при температуре 100—120°С в течение 4—6 ч.

На высушенном роторе не должно быть лака на посадочных местах и больших наплывов по наружной поверхности полюсов. У готового ротора необходимо проверить напряжением 550 или 220 В электрическую прочность изоляции контактных колец и обмотки возбуждения по отношению к валу, а также сопротивление обмотки возбуждения.

Ремонт крышек. Несмотря на то что посадочные места под шариковые подшипники в крышках генераторов армированы

стальными или чугунными кольцами, имеют место случаи выработки посадочных мест.

В мастерских посадочное место под шариковые подшипники растачивают на 1,5—2,0 мм и с одного торца делают выточку 1,5—2 мм. Затем по месту вытачивают втулку с буртиком и запрессовывают эту втулку в крышку. Если износ невелик, то делают точечную наплавку металла электросваркой по всему периметру посадочного места или кернение с последующей шлифовкой до требуемого размера. Практикой установлено, что после подобного ремонта генераторы еще работают длительное время.

При ослаблении крепления генератора на кронштейне двигателя от повышенной вибрации появляется выработка в отверстиях ушков крышек. Для устранения этого выпрессовывают изношенную стальную втулку и запрессовывают новую, изготовленную из стали любой марки. В крышках, где нет стальных втулок и появился износ отверстия, следует расточить отверстие до выведения выработки, изготовить по месту стальную втулку и запрессовать ее.

Ремонт вала. В эксплуатации происходит выработка шеек вала ротора под шариковые подшипники.

Наиболее распространенным способом ремонта является наплавление металла на место выработки при помощи сварки с последующей проточкой. Шлифовку, как правило, не делают.

Иногда протачивают изношенную шейку до устранения выработки и напрессовывают на вал стальную втулку, диаметр которой доводят до размера, указанного на чертеже.

Ремонт шкива. При плохой затяжке гайки, крепящей шкив на валу, происходит выработка отверстия и шпоночной канавки в ступице шкива. Ввиду того что конфигурация шкива очень проста, в некоторых мастерских шкивы изготавливают из алюминиевых сплавов, а изношенные не ремонтируют.

Иногда растачивают отверстие в шкиве до устранения выработки и запрессовывают в отверстие шкива новую втулку. Торцы втулки приваривают к ступице и зачищают.

Ремонт щеток. При попадании топлива, пыли и песка на щеточный узел происходит интенсивный износ щеток. При отсутствии новых щеток их выпиливают из щеток марки М1. Для этого необходимо выпилить щетку по размерам износившейся, припаять медный канатик, надеть пружину и припаять наконечник.

Изготовленные таким образом щетки работают по 50 000 — 70 000 км пробега автомобиля.

Закладка смазки в подшипники. Перед закладкой свежей смазки шариковые подшипники промывают в бензине. Наличие частиц песка и металлической пыли в промывочном бензине и смазке недопустимо.

В шариковые подшипники закладывают смазку 158 МРТУ 12Н № 139—64 (синего цвета), заполняя $^2/_3$ объема полости между шариками. Обильная смазка пользы не приносит. Избыток смазки попадает на внутреннюю полость генератора, на контакт-

ные кольца и щетки и вызывает тем самым интенсивный износ щеток и колец, а иногда и обрыв цепи возбуждения.

Совершенно недопустимо класть смазку в полость, в которой установлены закрытые подшипники с заложенной смазкой. Закрытые подшипники имеют одноразовую смазку, заложенную при их изготовлении, и добавления смазки не требуют. Смазка, заложенная в полость установки закрытого подшипника, попадает на контактные кольца и щетки, что приводит к отказу в работе генератора.

Ремонт выпрямительного устройства. Величину обратного тока в каждом плече выпрямителя определяют по схеме, изображенной на рис. 103, *а*. При напряжении аккумуляторной батареи 12 В сила обратного тока на каждом плече исправного вентиля не должна превышать 2 А.

Кроме этого, исправность вентилей проверяется измерением падения напряжения на зажимах каждого плеча выпрямительного устройства по схеме, приведенной на рис. 103, *б*. Поочередно в каждом плече реостатом устанавливают определенную силу тока и замеряют величину падения напряжения, которое при номинальной силе тока не должно превышать данных табл. 1.

Кремниевые вентили ремонту не подлежат. При отказе в работе одного из вентилей его заменяют, удаляя неисправный вентиль. При этом необходимо соблюдать следующие предосторожности.

При пайке монтажных проводов нельзя перегревать корпус вентиля выше 150°C, поэтому пайку следует вести быстро, время пайки не должно быть более 5 с.

В случае выпрямительного устройства, выполненного в виде блока ВБГ-1 и др., при отказе в работе вентиля в этом блоке необходимо заменить секцию, состоящую из двух вентилей.

До и после пайки вентилей исправность их определяют по схеме, изображенной на рис. 104, *а*. Вентиль исправен, если лампа горит при соединении «+» источника с «+» вентиля и не горит при обратной полярности соединения. Если вентиль пробит, то

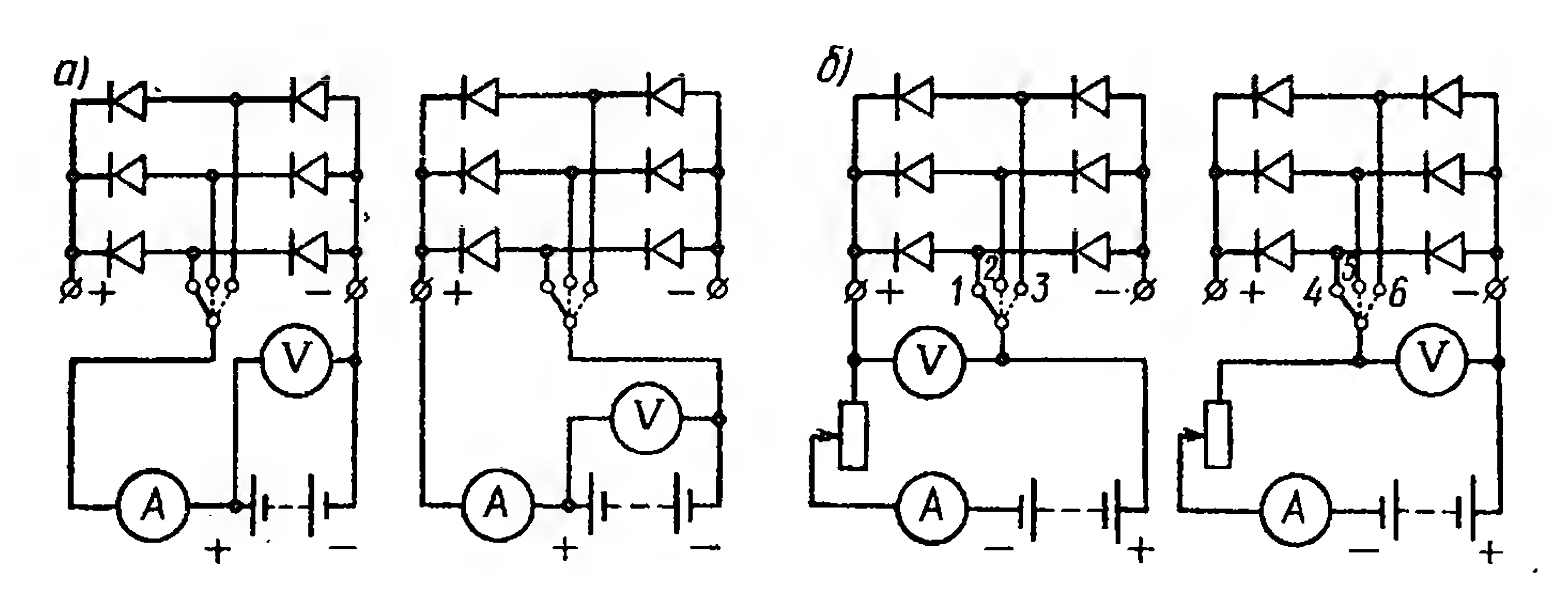


Рис. 103. Схема определения исправности кремниевых вентилей:
а — проверка обратного тока в каждом вентиле; *б* — проверка падения напряжения на каждом вентиле

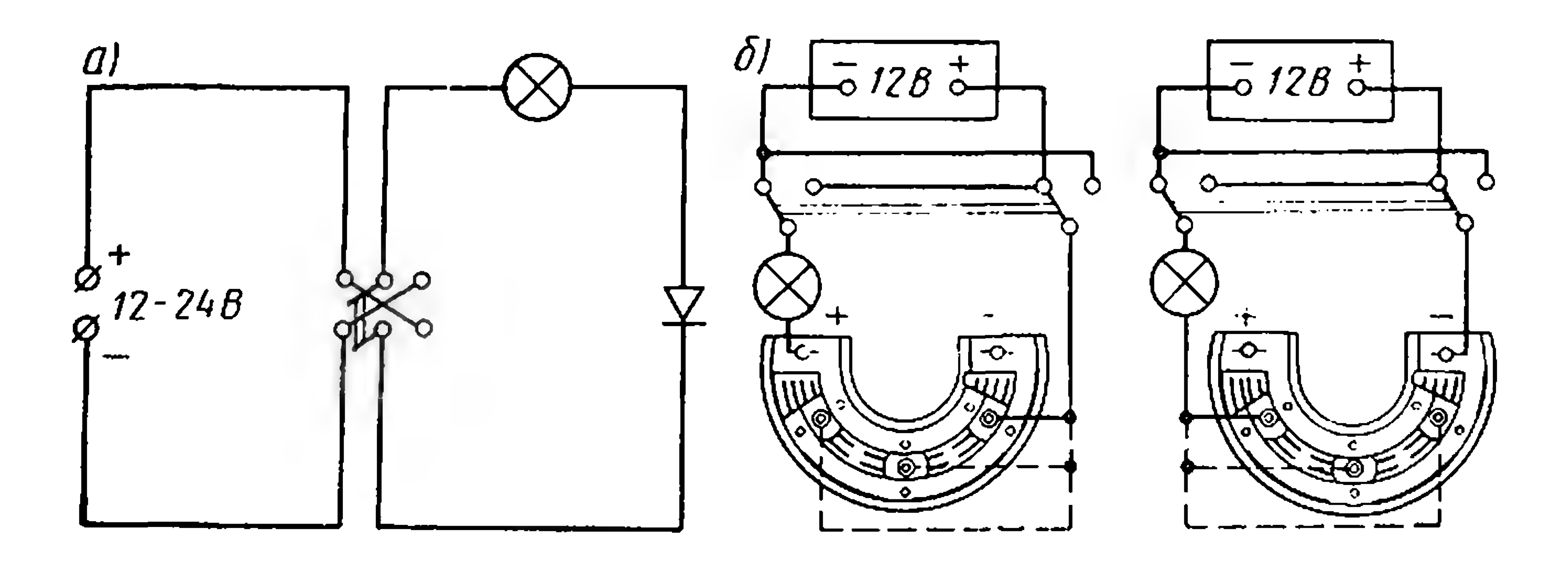


Рис. 104. Схема включения приборов для практической проверки:
а — отдельного вентиля; *б* — выпрямительного блока

лампа горит в обоих положениях переключателя. При обрыве внутри вентиля лампочка не горит ни в одном положении переключателя. Ни при каких условиях, даже кратковременно, напряжение на вентиле не должно превышать установленного для него предельно допустимого значения, поэтому напряжением от сети переменного тока вентили проверять нельзя.

Монтаж вентилей типа ВА20 заключается в запрессовке их в теплоотводы, в качестве которых служат крышки генераторов или специальные пластины — теплоотводы-охладители. Пуансон для запрессовки должен иметь диаметр на 0,2—0,3 мм больше диаметра фланца изолятора.

Усилие при запрессовке должно прикладываться плавно и не превышать 500 кгс.

Ремонт реле-регуляторов. Ремонт заключается в замене перегоревших резисторов, обмоток, замене поврежденных проводов и изоляционных прокладок.

Исправность резисторов и обмоток определяют при помощи омметра. Если величина сопротивления отличается от указанной в табл. 6, 7 и 8, то резистор или обмотку следует заменить. Обрывы обмоток, особенно в местах пайки, можно обнаружить омметром или при помощи контрольной лампы. Сопротивление обмоток необходимо проверять отдельно от добавочных сопротивлений и резисторов, для чего на период проверки выводные концы обмоток необходимо отключать (отпаивать) от зажимов.

При отказе в работе транзистора его также заменяют. Исправность транзисторов определяют при помощи омметра. На теплоотводе-охладителе реле-регулятора выводы транзистора обычно обозначены *К, Э, Б* (коллектор, эмиттер, база). Вывод коллектора электрически соединен с корпусом транзистора. Если при замере сопротивление между двумя любыми выводами больше нуля, но не более 500 кОм, транзистор исправен. Если сопротивление между двумя любыми выводами равно нулю или бесконечности, транзистор неисправен.

5. Замена генераторных установок и их узлов на автомобиле

В эксплуатации находится большое количество автобусов с генераторными установками старого типа, и при выходе их из строя возникает необходимость замены их генераторными установками нового выпуска. Ниже приведены указания о проведении таких замен.

Автобусы ПАЗ. На автобусах ПАЗ ранее применялись генераторы переменного тока Г253 с отдельными селеновыми выпрямителями и вибрационными реле-регуляторами РР115 и РР115-В. Позднее эти генераторы были заменены на генераторы типа Г260 с встроенными кремниевыми выпрямителями и теми же реле-регуляторами или на генераторы Г265 с контактно-транзисторными реле-регуляторами РР362.

В настоящее время на автобусах ПАЗ начали применять генераторы Г266 с интегральными регуляторами Я112-А и в эксплуатации при ремонте может возникнуть необходимость замены генератора Г260 с реле-регулятором РР115 (РР115-В) или генератора Г265 с реле-регулятором РР362 на генератор Г266.

Прежние генераторы были связаны с реле-регуляторами проводами (в виде пучка проводов). Новый генератор Г266 с встроенным интегральным регулятором является самостоятельной единицей и имеет только вывод «+» и зажим В для подключения провода от замка зажигания.

Монтаж генератора Г266 вместо генератора Г260 с реле-регулятором РР115. Схема монтажа представлена на рис. 105. Замена производится в следующей последовательности.

1. Отсоединить провода от генератора Г260 и реле-регулятора РР115 и снять реле-регулятор.
2. Провод, соединявший зажимы *Ш* генератора и реле-регулятора, исключить из схемы, изолировав его концы и привязав оба конца лентой к пучку.
3. Наконечники проводов, подходивших к зажимам *Б* и *В* реле-регулятора, соединить между собой и изолировать соединение.
4. Наконечники проводов, подходивших к зажимам *ВЗ* и *М* реле-регулятора, соединить между собой и изолировать соединение.
5. Снять генератор Г260 вместе с кронштейном. Установить новый кронштейн.
6. С генератора Г266 удалить консервирующую смазку, проверить от руки легкость вращения ротора и отсутствие при этом посторонних шумов.
7. Установить генератор Г266 с кронштейном и подключить провод, идущий от соединенных между собой наконечников *Б* и *В* к зажиму «+» генератора, а провод от соединенных наконечников *ВЗ* и *М* к зажиму *В* генератора.

Соединение генератора с массой («—») обеспечивается контактом корпуса с кронштейном и не требует соединения особым проводом. После установки генератора и соответствующих подключе-

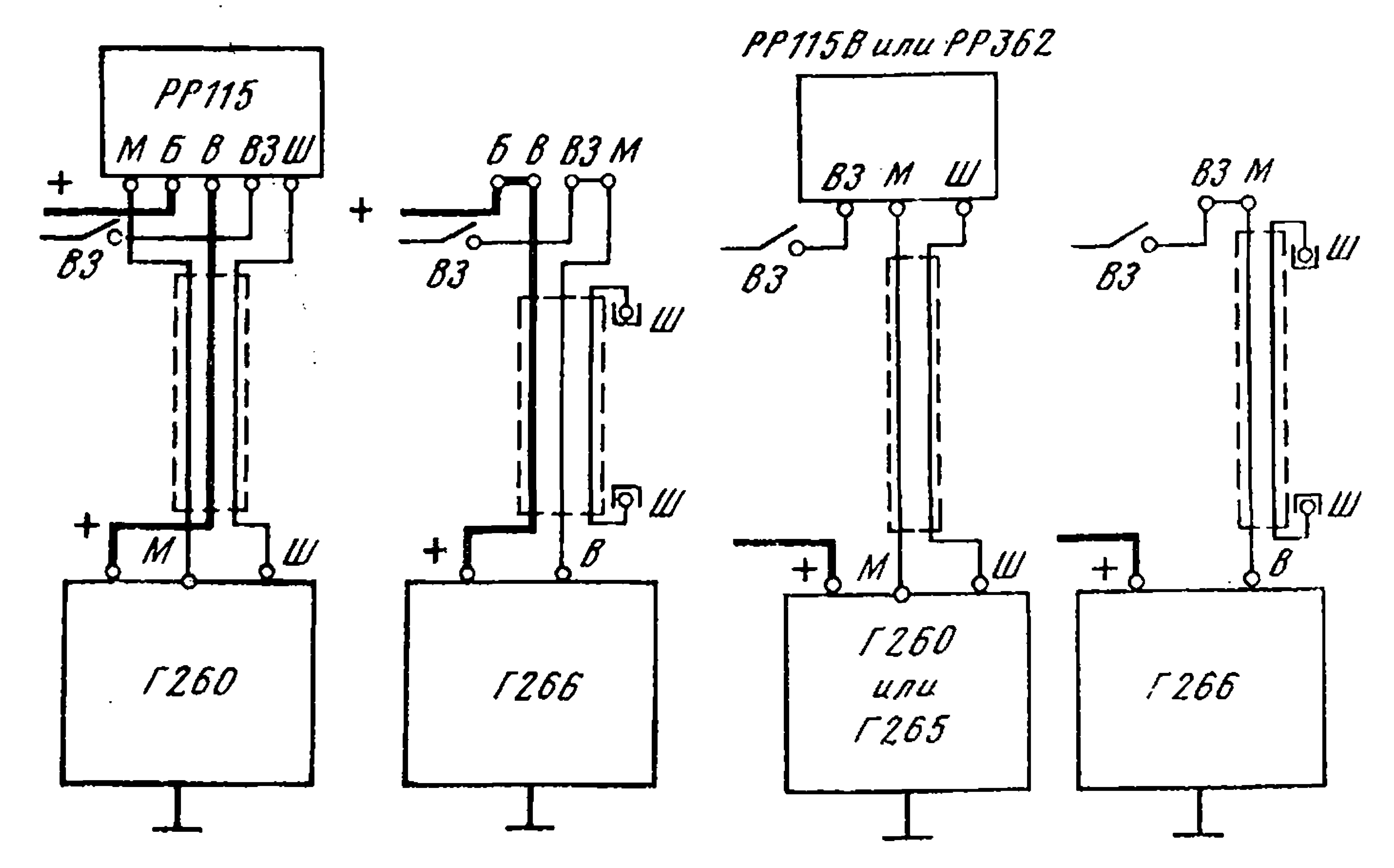


Рис. 105. Схема замены генераторной установки Г260 -РР115 на Г266 с встроенным интегральным регулятором

Рис. 106. Схема замены генераторных установок Г260 с РР115В и Г265С РР362 на генератор Г266 с встроенным интегральным регулятором напряжения

ний пускается двигатель и проверяется работа генератора.

Монтаж генератора Г266 вместо генератора Г260 с реле-регулятором РР115В и генератора Г265 с реле-регулятором РР362.

Реле-регуляторы РР115В и РР362 оба имеют только три зажима: *ВЗ*; *Ш* и *М*, а потому их схемы внешних соединений с генераторами Г260 и Г265 одинаковы (рис. 106).

Последовательность замены следующая.

1. Отсоединить провода от старого генератора (Г260 или Г265) и реле-регулятора (РР115В или РР362) и снять реле-регулятор.

2. Исключить из схемы провод, соединявший зажимы *Ш* генератора и реле-регулятора, изолировав оба его свободных конца и привязав концы к пучку лентой.

3. Наконечники проводов, подходивших к зажимам *ВЗ* и *М* реле-регулятора, соединить между собой и изолировать соединение.

4. Снять старый генератор Г260 или Г265 вместе с кронштейном.

5. Удалить с генератора Г266 консервирующую смазку и проверить вращение от руки на легкость вращения и отсутствие посторонних шумов.

6. Установить новый генератор Г266 с кронштейном на двигатель и подключить провода к зажимам «+» и *В* генератора согласно схеме рис. 106.

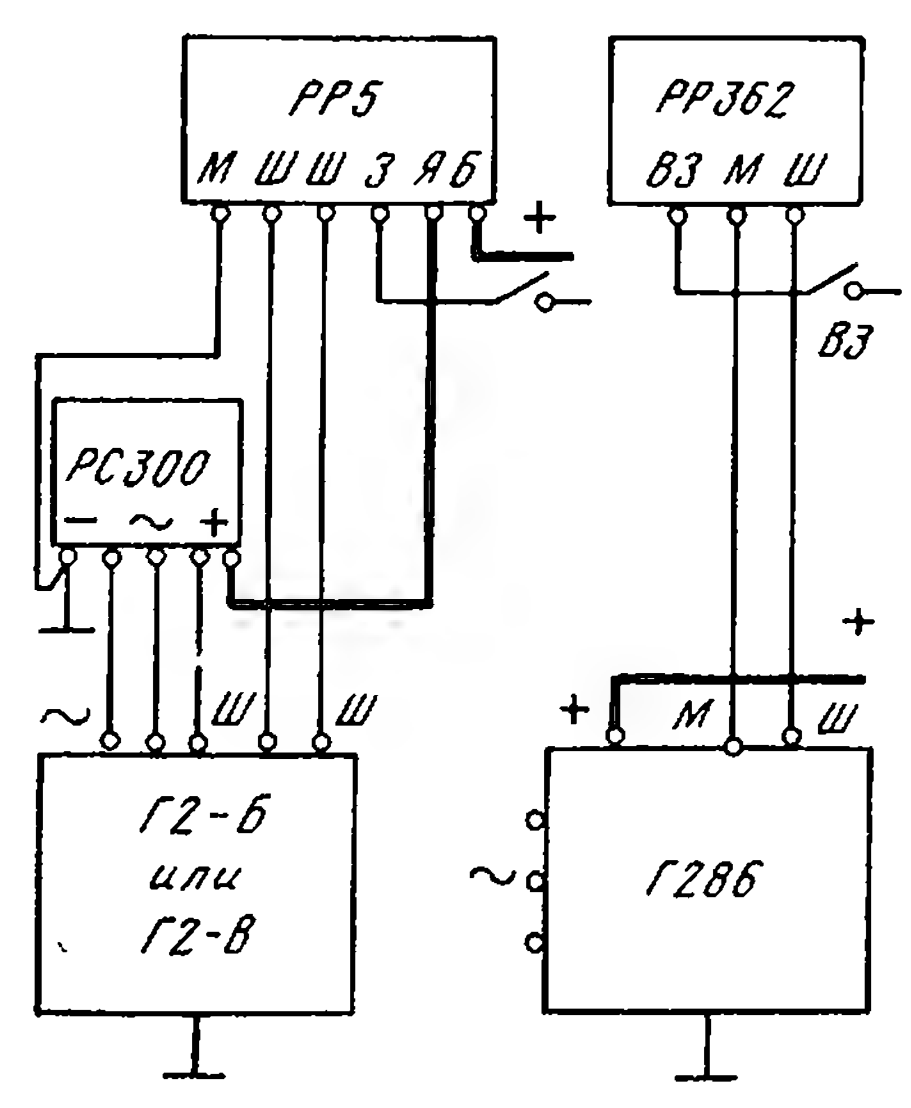


Рис. 107. Схема замены генераторной установки автобуса Г2-Б или Г2-В с РР5 на генераторную установку Г286 с РР362

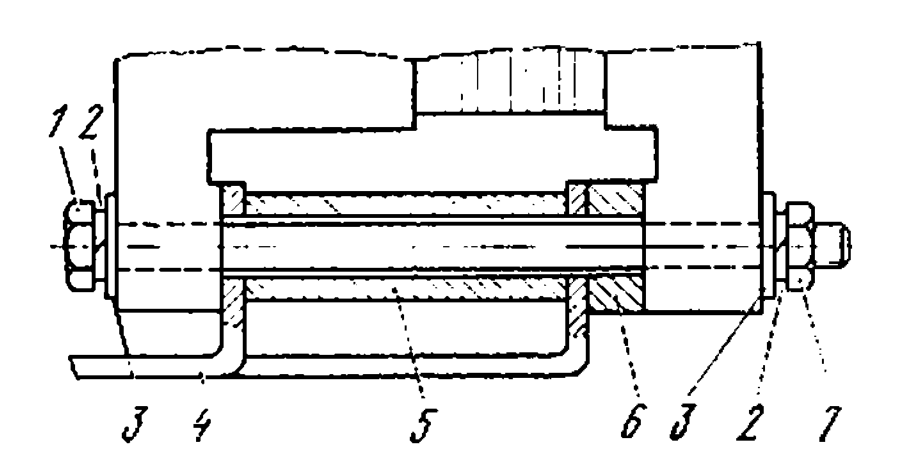


Рис. 108. Установка генератора Г286 на кронштейн после снятия статора генератора Г5-Б или Г5-В: *1* — болт; *2* — пружинные шайбы; *3* — плоские шайбы; *4* — кронштейн; *5* — распорная втулка; *6* — дополнительная втулка; *7* — гайка

Замена неисправного интегрального регулятора напряжения Я112-А на генераторе таким же запасным регулятором.

Для замены необходимо остановить двигатель, отключить аккумуляторную батарею и снять щеткодержатель с генератора. Отвернуть винты, крепящие пластмассовый корпус к кожуху щеткодержателя. Повернуть щеткодержатель щетками вниз, снять кожух и неисправный регулятор напряжения Я112-А. Протереть шины щеткодержателя от пыли и грязи. Установить запасной регулятор напряжения на щеткодержателе так, чтобы его плоские контакты, обозначенные *В* и *Ш*, легли на шины щеткодержателя. Собрать щеткодержатель, надежно затянуть винты, установить его на генератор. Пустить двигатель и убедиться в нормальной работе генераторной установки.

Замена вышедшего из строя интегрального регулятора Я112-А на генераторе Г266 контактно-транзисторным регулятором РР362.

Для этого нужно снять с генератора щеткодержатель с встроенным интегральным регулятором. Установить на генератор щеткодержатель от генератора типа Г250, Г271, Г265 и др. Установить в моторном отсеке на задней стенке регулятор РР362. Провод, который ранее был присоединен к зажиму *В* генератора, соединить с зажимом *ВЗ* регулятора. Зажим *Ш* регулятора соединить изолированным проводом с зажимом *В* генератора, находящимся на щеткодержателе. Изолированным проводом соединить зажим *М* регулятора с зажимом *М* генератора.

Автобусы ЛАЗ и ЛиАЗ. В эксплуатации находится еще много этих автобусов, оборудованных старыми генераторными установками Г2-Б (Г2-В) с РР5 и Г2-Б (Г2-В) с РР362 (с селеновыми выпрямителями).

В связи с заменой при ремонте автобусов генераторов Г2-Б (Г2-В) генераторами Г286 с встроенным выпрямителем на кремниевых вентилях необходимо правильно монтировать новую генераторную установку вместо старой.

Все работы, связанные с установкой генератора, реле-регулятора и снятием селенового выпрямителя необходимо проводить при отключенной аккумуляторной батарее и неработающем двигателе. В эксплуатации могут встретиться следующие возможные случаи замены.

Монтаж генератора Г286 с реле-регулятором РР362 вместо генератора Г2-Б (Г2-В) с реле-регулятором РР5 (рис. 107).

Работы производятся в следующей последовательности.

1. Отключить аккумуляторную батарею и снять селеновый выпрямитель.

2. Отсоединить провода от реле-регулятора РР5. Исключить из схемы провод с наконечником *Я* и один из двух проводов *Ш*, изолировав их на обоих концах изоляционной лентой.

3. Снять реле-регулятор РР5. Установить реле-регулятор РР362. Просверлить три отверстия для его крепления по фактическому расположению отверстий в лапах крепления реле-регулятора. Подключить провода с наконечниками: *М* к «массе», *З* к зажиму *ВЗ*, *Ш* к зажиму *Ш* реле-регулятора РР362.

4. Отсоединить провода от зажимов генератора Г2-Б (Г2-В). Снять генератор с кронштейна. С нового генератора Г286 удалить консервирующую смазку, проверить от руки легкость вращения ротора и отсутствие при этом посторонних шумов. Установить генератор Г286 на кронштейн двигателя (рис. 108). (Втулка *6* прикладывается к генератору при поставке его только в запасные части).

5. Провод с наконечником *Б*, отключенный от снятого реле-регулятора РР5, подключить к зажиму «+» генератора.

Провод с наконечником *М*, отсоединенный от «—» снятого выпрямителя, подключить к зажиму *М* генератора и провод с наконечником *Ш*, идущий от реле-регулятора, подключить к зажиму *Ш* генератора.

6. Подключить аккумуляторную батарею, пустить двигатель и проверить работу генераторной установки.

7. Если салон автобуса оборудован люминесцентным освещением, то провода, питавшие лампу от селенового выпрямителя, присоединить к зажиму «+» генератора Г286.

Замена одного генератора в генераторной установке Г2-Б или Г2-В с реле-регулятором РР362 на генератор Г286 (рис. 109).

Порядок замены.

1. Отключить аккумуляторную батарею и снять селеновый выпрямитель.

2. Отсоединить провода от зажимов генератора и снять старый генератор с кронштейна. С нового генератора удалить

консервирующую смазку, проверить от руки на легкость вращения и отсутствие посторонних шумов. Установить генератор Г286 на кронштейн двигателя по рис. 108. (Втулка *6* прикладывается к генератору только при поставке в запасные части).

3. Провода с наконечниками «+» и *М* (минус «—»), отключенные от снятого селенового выпрямителя, подсоединить соответственно к зажимам «+» и *М* генератора.

4. Провод *Ш*, идущий от реле-регулятора, подсоединить к зажиму *Ш* генератора.

5. Подключить аккумуляторную батарею, пустить двигатель и проверить работу генератора.

Замена одного генератора в генераторной установке Г2-Б или Г2-В с реле-регулятором РР5 на генератор Г286 (рис. 110).

Порядок замены.

1. Провести работы по п. п. 1 и 2 предыдущего случая.

2. Подключить провод с наконечником «+», отсоединенный от снятого выпрямителя к зажиму «+» генератора.

3. Подключить провод с наконечником *М*, отсоединенный от зажима «—» снятого выпрямителя, к зажиму *М* генератора.

4. Оба провода *Ш*, идущие от реле-регулятора, подключить к зажиму *Ш* генератора.

5. Подключить аккумуляторную батарею, пустить двигатель и проверить работу генератора.

При наличии люминесцентного освещения салона автобуса провода, подходившие к селеновому выпрямителю от ламп, под-

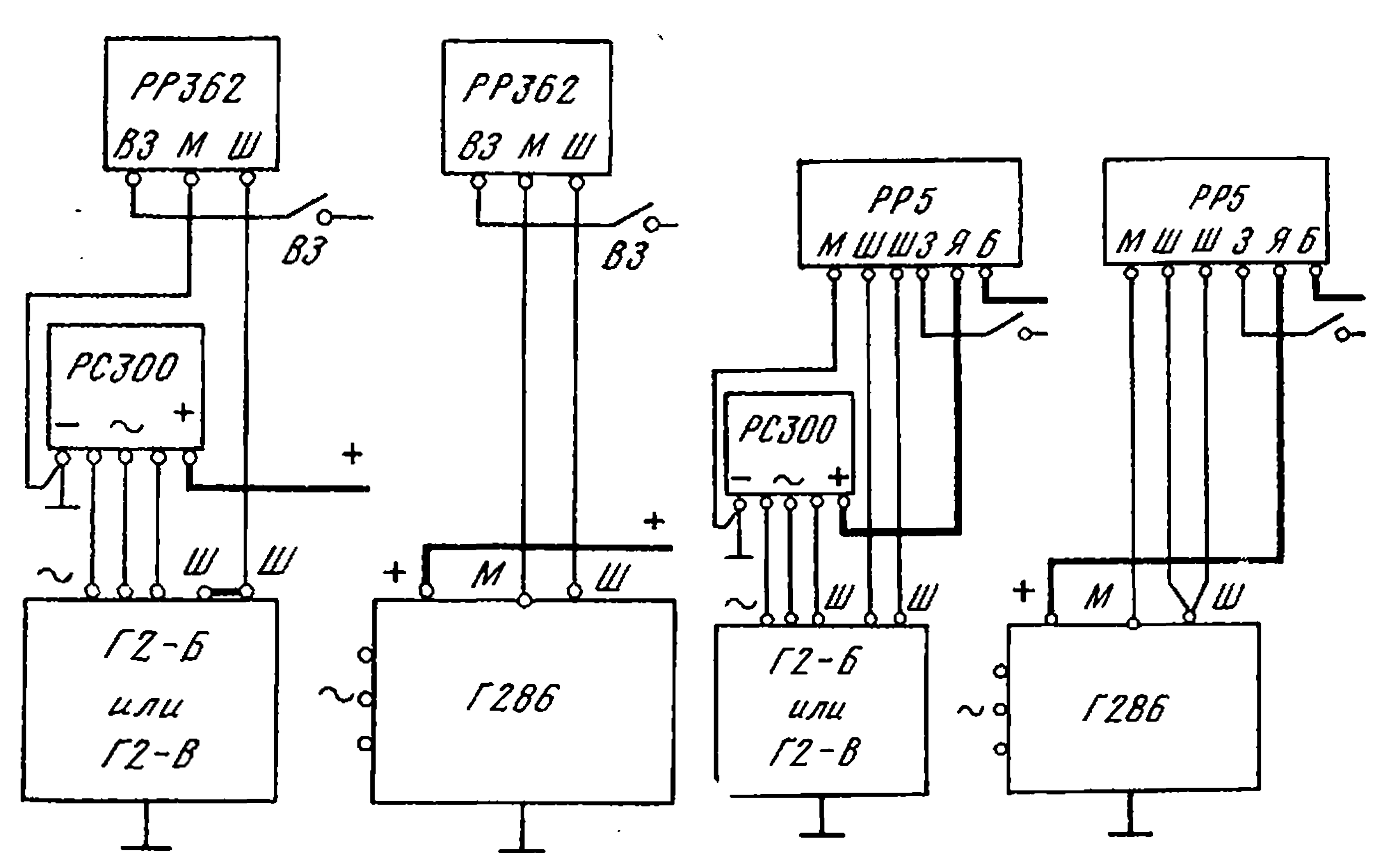


Рис. 109. Схема замены генератора в генераторной установке Г2-Б или Г2-В с РР362 на генератор Г286

Рис. 110. Схема замены генератора в генераторной установке Г2-Б или Г2-В с РР5 на генератор Г286

ключать к зажимам «+» генератора Г286. Установка генератора Г286 на двигателе вместо Г2-Б показана на рис. 93.

Замена генераторных установок Г271 с РР127 и Г272 с РР356 генератором Г273 с встроенным интегральным регулятором Я120-А.

Схемы установок показаны на рис. 111.

Для замены необходимо:

1. Разомкнуть выключатель массы.

2. Отсоединить провода от зажимов «+», *Ш*, «—» генератора Г271 или Г272 и реле-регулятора РР127 или РР356 и снять генератор и реле-регулятор.

3. Наконечники проводов, отсоединенные от зажимов реле-регулятора «+», *Ш, М* («—») и зажимов генератора *Ш, М* («—») изолировать и прикрепить к пучку проводов изоляционной лентой.

4. Установить генератор Г273 на двигатель.

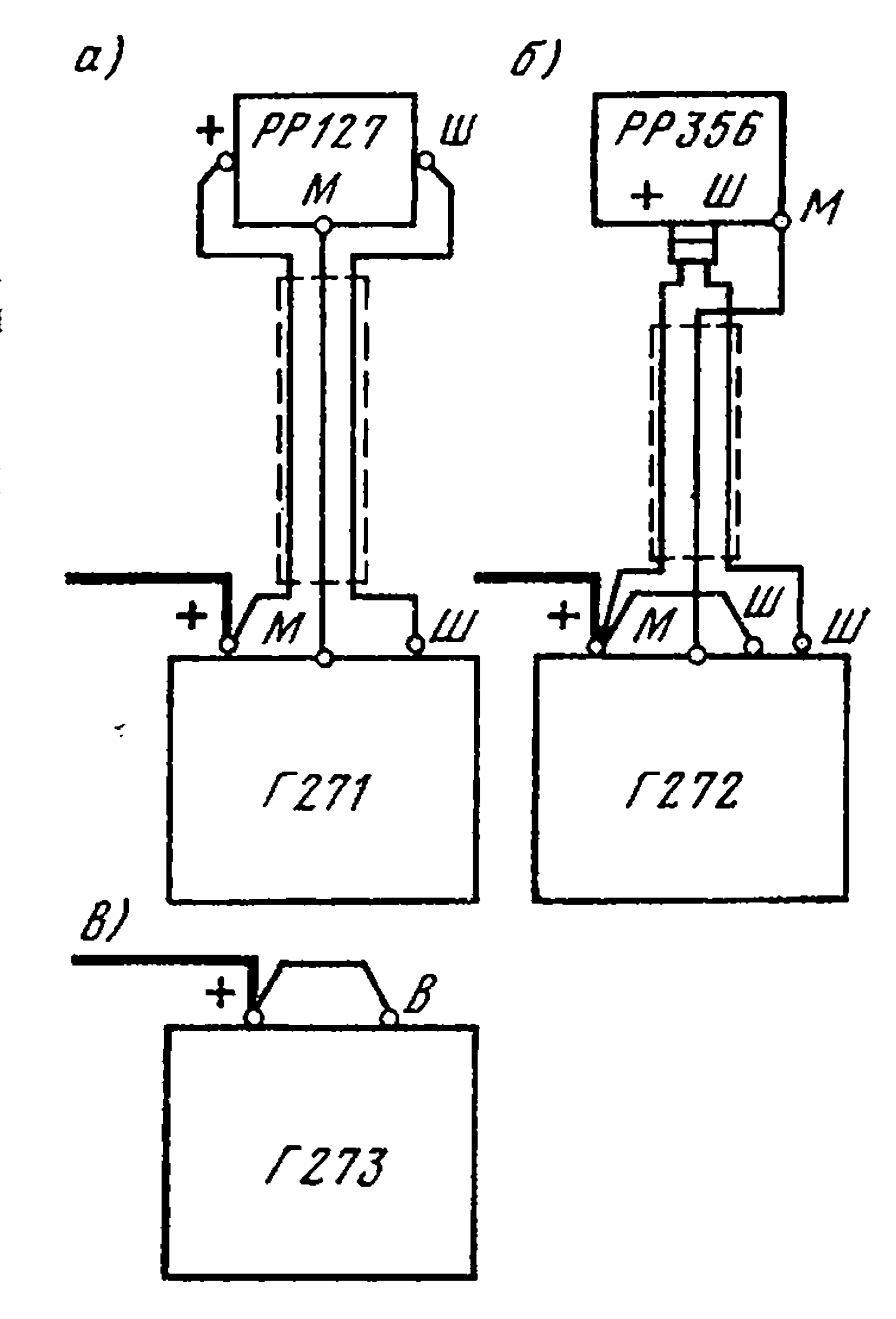


Рис. 111. Схема генераторных установок Г271—РР127 (*а*); Г272-РР356 (*б*) и Г273 (*в*)

5. Подключить провод от «+» батареи к зажиму «+» генератора Г273; соединить между собой перемычкой зажимы *В* к «+» генератора.

Генераторы типов Г271, Г272 широко применялись на грузовых автомобилях МАЗ-500, КрАЗ и КамАЗ и при ремонте этих автомобилей часто возникает необходимость описанной замены старых генераторов на новый генератор Г273 с встроенным интегральным регулятором напряжения.

Замена в генераторе Г221 выпрямительного устройства на блок. В эксплуатации может возникнуть необходимость заменить радиатор с отдельными вентилями в крышке генератора выпрямительным блоком БПВ4-60. Для этого нужно снять радиатор, выпрессовать вентили из крышки и закрепить в крышке новый блок. Контактный болт заменяется новым, удлиненным, поставляемым в комплекте с выпрямительным блоком.

После всех описанных выше замен аппаратов и деталей следует произвести проверку всей генераторной установки, лучше всего на стенде с определением всех параметров — начальной частоты вращения при токе, равном нулю, максимального тока при $n = 5000$ об/мин и величины регулируемого напряжения.

6. Оборудование и приборы для технического обслуживания и ремонта

Техническое обслуживание и ремонт генераторных установок переменного тока выполняют на обычном электромонтажном верстаке, предназначенном для ремонта автотракторного электрооборудования (рис. 112).

На верстаке, покрытом гетинаксом, текстолитом или линолеумом, расположен распределительный щит *4*, на котором смонтированы: амперметр *6* со шкалой 0—30 А, вольтметр *5* со шкалой 0—550 В, два понижающих трансформатора типа ОСО-0,25, включенных параллельно, общей мощностью 0,5 кВт, а также вспомогательная сигнальная и защитная аппаратура. При помощи этих приборов проверяют изоляцию генератора и реле-регулятора напряжением 220 и 550 В, осуществляют питание электропаяльника и др.

Для ремонта генераторов переменного тока используют слесарные тиски *3*, поворотный стол *7*, пресс *9* и различные приборы.

На стенде смонтированы: компрессор *1*, аппарат *2* для проверки свечей, намагничивающий аппарат *8* для намагничивания магнитов магнето и подставка для аккумуляторных батарей.

Для обнаружения неисправностей применяется ряд переносных и дополнительных приборов: портативный дефектоскоп ПДО-1, вольтамперметр НИИАТ-1 и др. Поскольку эти приборы общеизвестны и описаны в существующих руководствах, мы ограничиваемся лишь описанием специальных приборов, применяемых для контроля и диагностики силовых вентилей генераторов переменного тока.

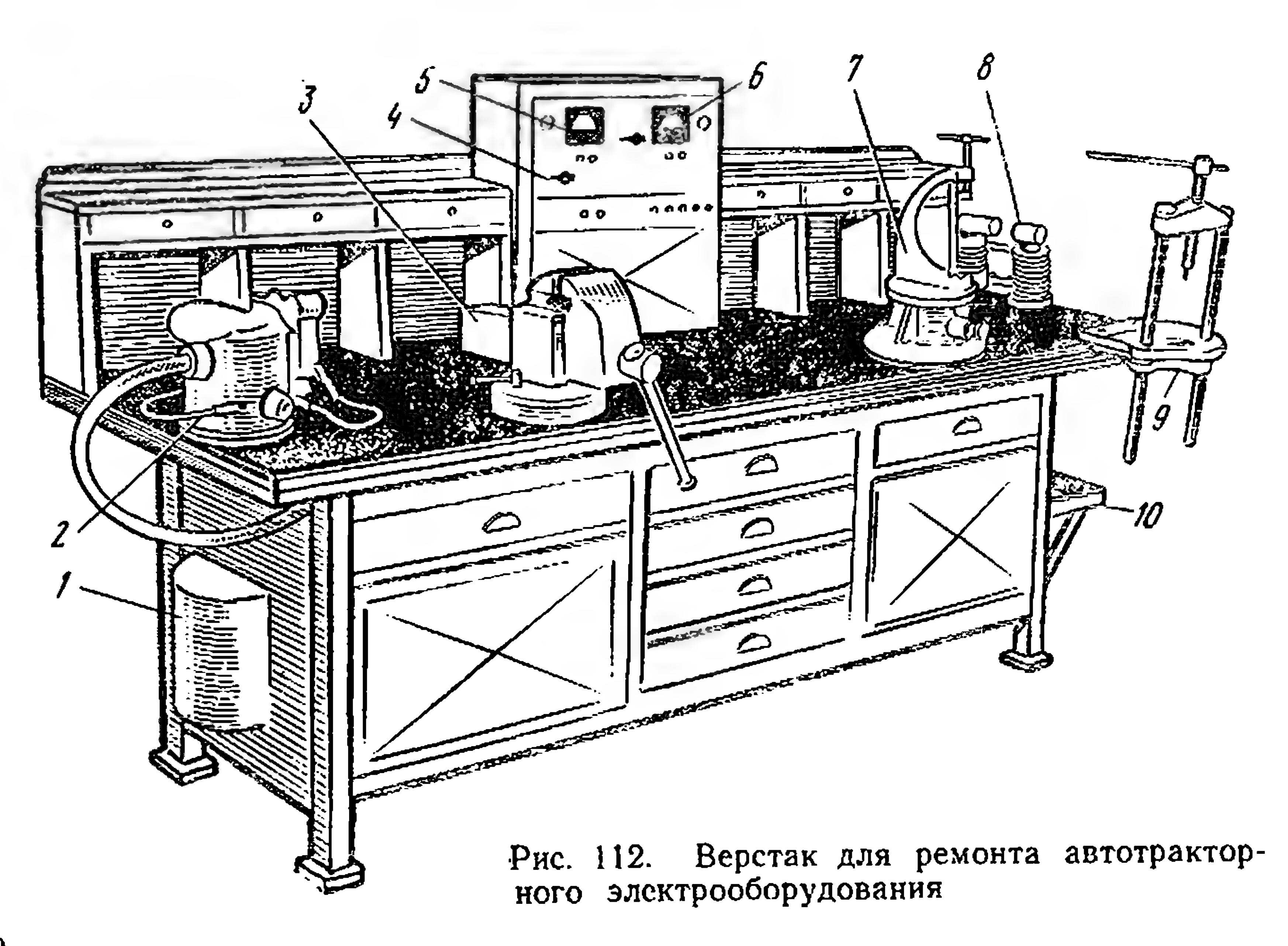


Рис. 112. Верстак для ремонта автотракторного электрооборудования

Электронный осциллограф ЭО-7 дает возможность наблюдать кривые периодических процессов. Перед началом работы с прибором необходимо проверить возможность плавного вращения и надежность крепления ручек управления, вращая каждую ручку влево и вправо до упора; надежность фиксации положения переключателей, т. е. соответствие положения переключателя напряжения сети имеющемуся напряжению сети.

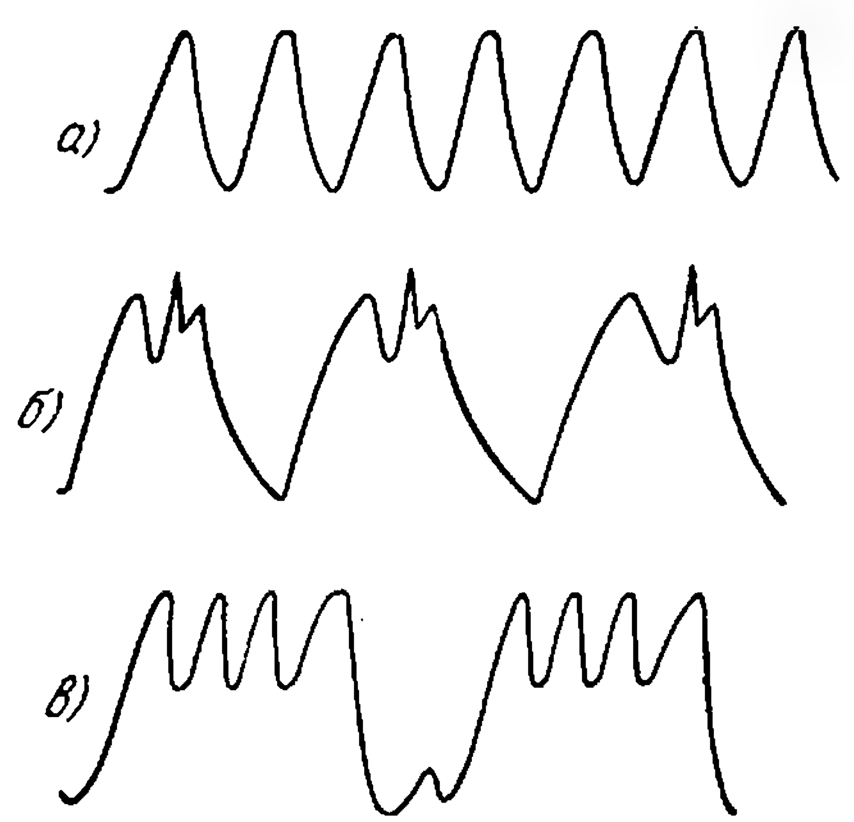


Рис. 113. Форма кривой выпрямленного напряжения генератора:
а — диоды исправны; *б* — диод пробит; *в* — обрыв в цепи диода

Переключатель находится на задней стенке прибора, и его положение определяется цифрой, появляющейся в окошке крышки. Если необходимо включить прибор в сеть на напряжение 115 или 127 В, следует отвернуть винты, удерживающие круглую крышку переключателя напряжения на кожухе, и снять ее. Затем вытащить колодку переключателя и снова вставить ее вверх числом, указывающим нужное напряжение, следя за правильностью входа ключа колодки в вырезе ламповой панели. После этого крышку установить на место.

Переключать переключатель напряжения следует только при отключенном от сети шнуре питания. После переключения переключателя необходимо поставить предохранитель на соответствующую силу тока: при 220 В — 1 А; при 127 или 115 В — 1,5 А.

У исправного генератора переменного тока фазные токи равны между собой и генератор работает в симметричном режиме. При пробое или обрыве в одном из вентилей генератор переходит в несимметричный режим работы и начальная частота вращения ротора при этом увеличивается.

Для того чтобы определить причину повышения начальной частоты вращения ротора генератора, проверяют форму кривой выпрямленного напряжения при помощи осциллографа ЭО-7. Генератор подключают к осциллографу и при частоте вращения ротора 1500—2000 об/мин без нагрузки наблюдают форму кривой выпрямленного напряжения.

При исправных вентилях осциллограмма выпрямленного напряжения имеет пилообразную форму с равномерными зубцами (рис. 113, *а*). При пробое вентиля, т. е. при его коротком замыкании, осциллограмма резко изменяется. Зубцы кривой становятся более крупными с мелким изломом на вершинах (рис. 113, *б*). Обрыв же в цепи вентиля характеризуется крупными зубцами кривой с многочисленными зубчиками на вершинах (рис. 113, *в*). При обнаружении пробоя или обрыва вентиля генератор необ-

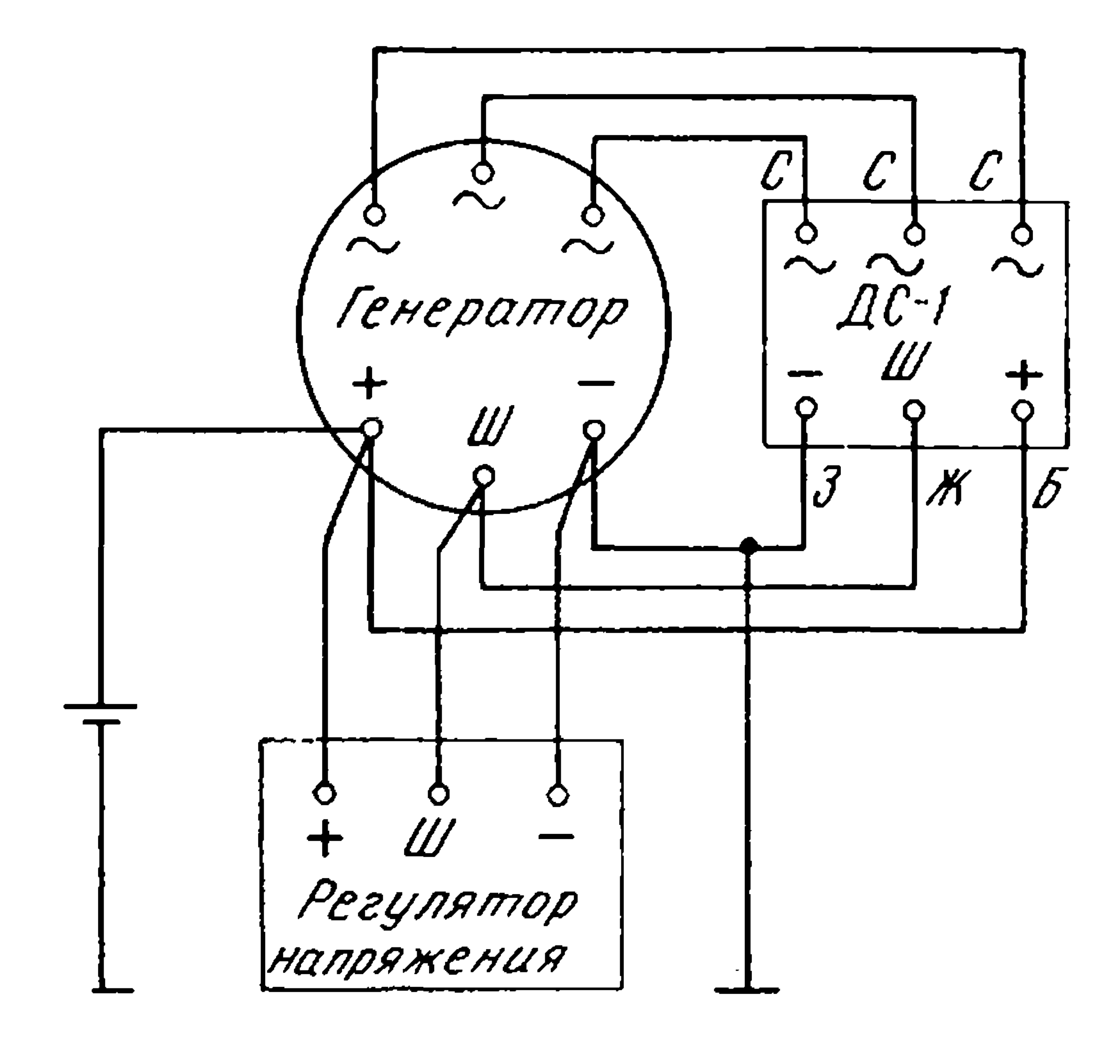


Рис. 114. Схема включения дефектоскопа ДС-1

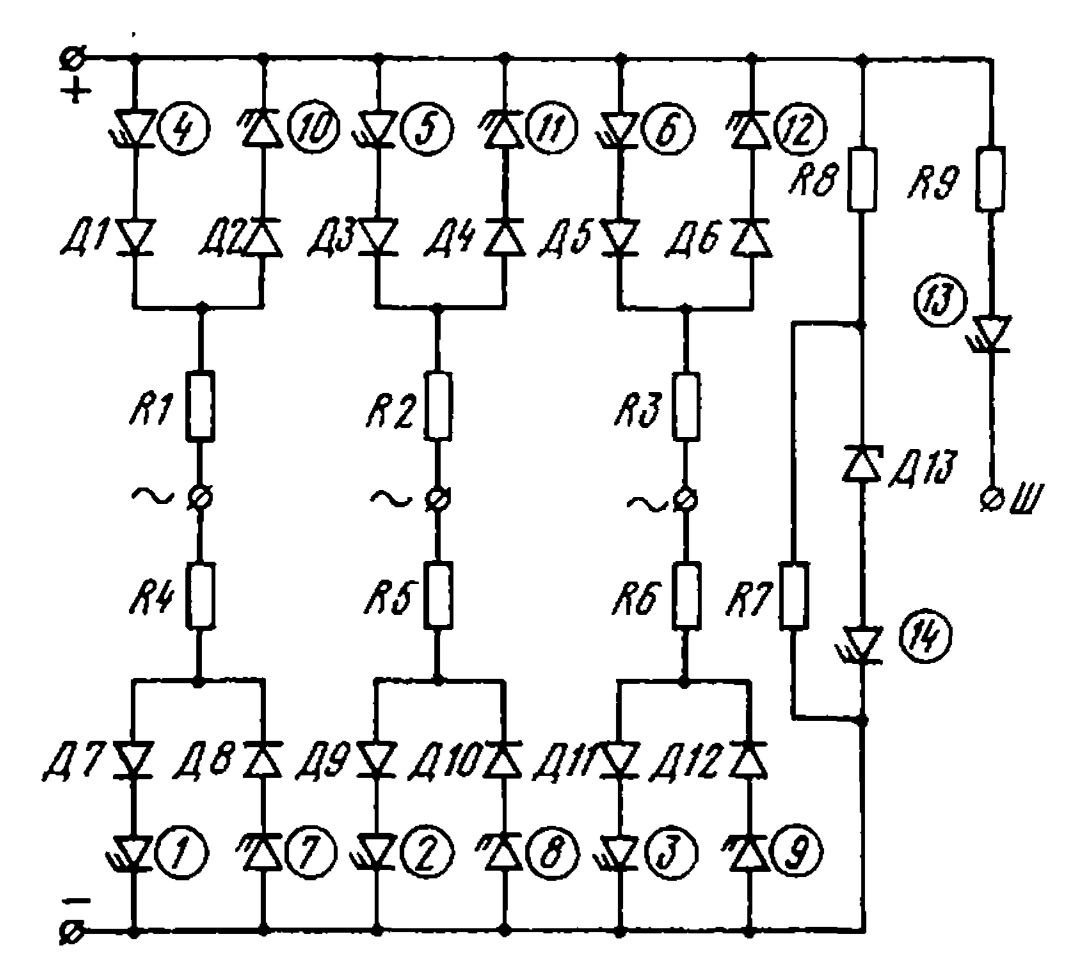


Рис. 115. Принципиальная схема дефектоскопа ДС-1:

1—6, 13 — светодиоды зеленого цвета; *7—12, 14* — светодиоды красного цвета: *Д1—Д12* — диоды типа *Д9Б; Д13* — стабилитрон Д815Ж; *R1—R7* — резисторы типа ОМЛТ-2-220 Ом; *R8* — резистор ОМЛТ-2-100 Ом; *R9* — резистор ОМЛТ-2-390 Ом

ходимо разобрать и исследовать крышку с вентилями, проверяя отдельно у каждого вентиля его прямую и обратную проводимость.

Дефектоскоп ДС-1 (разработка НИИАвтоприборов) предназначен для определения наличия и вида неисправности генераторных установок переменного тока, состоящих из трехфазных генераторов переменного тока, полупроводниковых выпрямителей и регуляторов напряжения, имеющих транзисторы. Дефектоскоп применяется при проверке генераторных установок непосредственно на автомобиле, а также и на стендах. Схема подключения прибора показана на рис. 114. Выводы «~» прибора подключаются к выводам обмотки статора генератора, выводы «+», «—» и *Ш* к соответствующим выводам генератора.

Проверка генераторной установки на стенде и на автомобиле производится при нагрузке ее аккумуляторной батареей. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 115.

В схему входят светодиоды, диоды, стабилитроны и резисторы.

Светодиоды расположены на панели прибора. Светодиоды *1, 2, 3, 7, 8, 9* сигнализируют о работоспособности вентилей выпрямителя обратной полярности, светодиоды *4, 5, 6, 10, 11, 12* — о работоспособности вентилей прямой полярности. Светодиоды *13* и *14* контролируют работоспособность регулятора

Таблица 11

Вид неисправности генераторной установки, определяемой по показанию табло прибора ДС-1

Вид неисправности	Показания на световом табло	Примечание
Установка работает нормально	1 2 3 4 5 6 13 0 0 0 0 0 0 0 Зеленое свечение 7 8 9 10 11 12 14 0 0 0 0 0 0 0 Не горят	
Короткое замыкание внутри одного или двух вентилей обратной полярности	1 2 3 4 5 6 13 0 0 0 0 0 0 0 * Зеленое свечение 7 8 9 10 11 12 14 0 0 0 0 0 0 0 Не горят	Один или два светодиода из группы 1 — 2 — 3 не горят, например 1 и 2
Короткое замыкание внутри одного или двух вентилей прямой полярности	1 2 3 | 4 | 5 6 13 0 0 0 | 0 | 0 0 0 Зеленое свечение | * | Зеленое свечение 7 8 9 10 11 12 14 0 0 0 0 0 0 0 Не горят	Один или два светодиода из группы 4 — 5 — 6 не горят, например 4
Обрыв цепи внутри одного или двух вентилей прямой полярности	1 2 3 4 5 6 13 0 0 0 0 0 0 0 Зеленое свечение 7 8 9 | 10 | 11 12 14 0 0 0 | 0 | 0 0 0 Не горят | Горит | Не горят	Один или два светодиода из группы 10, 11, 12 горят, например 10
Отказ регулятора напряжения (пробой переходов эмиттер-коллектор транзистора или контактов регулятора напряжения)	1 2 3 4 5 6 | 13 0 0 0 0 0 0 | 0 Зеленое свечение | Не горит 7 8 9 10 11 12 | 14 0 0 0 0 0 0 | 0 Не горят | Горит	Светодиод 13 не горит Светодиод 14 горит
Отказ регулятора напряжения (разрыв цепи внутри транзистора)	Табло полностью не горит (при отсутствии аккумуляторной батареи). В этом случае при перемыкании проводов зажимов *В* и *Ш* загораются индикаторы 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 14	
Отказ генератора: 1. Сгорела обмотка статора 2. Перегрев и сгорание провода внутри генератора от зажима *В* или + к выпрямителю из-за подключения аккумуляторной батареи с неправильной полярностью 3. Обрыв в цепи обмотки возбуждения	Табло полностью не горит (при отсутствии аккумуляторной батареи). В этом случае при перемыкании проводов зажимов *В* и *Ш* табло по-прежнему полностью не горит	

* Не горят.

напряжения. Светодиоды *7—12* при проверке оказываются включенными параллельно и согласно, а светодиоды *1—6* — параллельно и встречно вентилям выпрямителя генератора. Светодиод *13* включен параллельно цепи транзистора регулятора напряжения. Светодиод *14* через стабилитрон *Д13* включен на выпрямленное напряжение установки.

В нормальном режиме светодиоды *7—12* шунтированы силовыми вентилями выпрямителя и не горят. Светодиоды *1—6* горят под действием обратного напряжения вентилей. Светодиод *13* горит под действием падения напряжения в транзисторе, работающем в режиме «открыт — закрыт».

При пробое одного из силовых вентилей выпрямителя с коротким замыканием внутри него шунтируется и один из параллельно включенных светодиодов (*1, 2, 3, 4, 5* или *6*), который гаснет, сигнализируя о такой неисправности. При пробое одного из силовых вентилей выпрямителя с обрывом цепи внутри него появляется напряжение на одном из светодиодов (*7, 8, 9, 10* или *12*), который загорается и сигнализирует об этой неисправности.

При пробое транзистора регулятора напряжения с коротким замыканием цепи эмиттер-коллектор напряжение на транзисторе пропадает, но появляется повышенное напряжение генератора, так как регулятор напряжения в этом случае не функционирует. При этом погасает светодиод *13* и загорается светодиод *14*. Диоды *Д1—Д12* служат для предохранения от попадания на светодиоды опасных для них обратных напряжений. Резисторы *R1—R9* обеспечивают нужный режим работы полупроводниковых элементов прибора.

В табл. 11 подробно перечислены возможные неисправности и соответствующие им показания на световом табло дефектоскопа ДС-1.

Типы генераторных установок и их применение на автомобилях

Тип генератора	Тип реле-регуляторов	Тип выпрямителя	Автомобили, на которых их применяют
Г502-А	РР310	ВБГ2	«Запорожец»
Г221	РР380	БПВ6-42 ВА20	ВАЗ-2101,-2102
Г250-А1 Г250-Б1 Г250-В2 Г250-Г1 Г250-Д1	РР362	ВБГ1	УАЗ-451Д ГАЗ-54 ГАЗ-66 ГАЗ-53 ГАЗ-52
Г250-Е1 Г250-Н1	РР350	БПВ4-45	УАЗ-469 ГАЗ-24
Г250-И1 Г250-Ж1	РР350		ЗИЛ-130 «Москвич-408», -412
Г271 —	РР127	ВБГ1	МАЗ-500, КрАЗ-255
Г272 —	РР356	ВБГ1	КамАЗ, МАЗ-500
Г273 —	Я120	ВБГ1	КамАЗ, МАЗ-500
Г265 Г265-А Г265-Б	РР362	ВБГ6	ПАЗ-672 КАвЗ-685 ПАЗ-652
Г266 Г266-А Г266-Б	Я112-А	ВБГ1-Б	ПАЗ-672 КАвЗ-685 ПАЗ-652
Г275 —	РР385-Б	В150	К-700
Г275-А —	РР385-Б	В150	К-701
Г287 —	РР132	ВБГ7-Г	ГАЗ-66-01, ГАЗ-66-04
Г287-А	РР132	БПВ7-100	ГАЗ-71, ГАЗ-73
Г287-Б	РР132	БПВ7-100	УралАЗ-375, ЗИЛ-131, ЗИЛ-137
Г288	РР133	ВБГ7Г	ЗИЛ-130Е
Г288-А	РР133	БПВ7-100	КамАЗ
Г288-В	РР133	БПВ7-100	МАЗ, КрАЗ СМД-11Д, СМД-11ВД, СМД-11В
Г286	РР362	ВБГ6Г	ЛАЗ-696, -697, -699
Г286-А	Я112	ВБГ6-Г	ЛАЗ-696, -697, -699
Г286-Б	РР362	ВБГ6-Г	ЛиАЗ-677
Г286-Б1	Я112	ВБГ6-Г	ЛиАЗ-677
Г284	РР350	ВА20	ГАЗ-24-24, ГАЗ-14
Г263-А	РР363	ВКД50	БелАЗ-540, БелАЗ-548А, объекты с двигателями ЯМЗ-240, ЯМЗ-240А, ЯМЗ-240Н
Г290	РР361	ВКД50	Автомобили ГАЗ
Г290Б	РР361	ВКД50	» »
Г290А	РР390	ВКД50	» »
Г290Б1	РР390	ВКД50	» »

Приложение 2

Технические характеристики генераторов

Тип генератора	Без нагрузки: Напряжение, В	Без нагрузки: Частота вращения ротора, при которой напряжение достигает заданной величины, об/мин	С нагрузкой: Напряжение, В	С нагрузкой: Ток нагрузки, А	С нагрузкой: Частота вращения ротора, при которой достигается заданное напряжение при заданном токе, об/мин	Максимальный ток самоограничения при $n = 5000$ об/мин, А
Г502-А	12,5	1200	12,5	20	2500	30
Г221	12,5	1000	12,5	25	2000	42
Г250 и все модификации	12,5	900	12,5	28	2100	45
Г271	25	1050	25	20	2100	30
Г271-А	25	950	25	20	1800	25
Г272	—	—	28	10	1500	31
Г273	—	—	28	20	1950	31
Г265, Г265-А, Г265-Б	14	1200	14	40	2200	60
Г266, Г266-А, Г266-Б	14	1200	14	40	2400	60
Г275	12,5	1400	12,5	80	32000	—
Г287, Г287-А, Г287-Б	14	1100	14	72	2600	80
Г288, Г288-А	28	1100	28	36	2600	40
Г288-В	—	—	28	18	1800	—
Г286 и	—	—	14	30	800	
модификации				63	1500	85
Г284	—	—	14	45	1000	83
Г263-А	28	1350	28	80	2100	150
Г290, Г290-Б, Г390-А, Г290Б-1	25	1450	25	150	2500	

Приложение 3

Обмоточные данные генераторов

Тип генератора	Число пазов статора	Число витков в катушке статора	Диаметр провода катушки статора, мм	Число витков обмотки возбуждения	Диаметр провода обмотки возбуждения, мм	Сопротивление обмотки возбуждения, Ом
1	2	3	4	5	6	7
Г502-А	18	14	ПЭВ-2 1,0	680	ПЭВ-2 0,57	7
Г221	36	10	ПЭСВ-3 1,2	500	ПЭЛТВ 0,69	4,3
Г250 и все модификации	18	13	ПЭВ-2 1,35	570	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,8	3,7

1	2	3	4	5	6	7
Г271	18	20	ПЭВ-2 1,16	1490	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,51	24,4
Г272	18	20	ПЭВ-2 1,16	1200	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,55	16.5
Г273	18	20	ПЭВ-2 1,16	570	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,8	3,7
Г270	18	16	ПЭВ-2 1,25	1300	ПЭВ-2 0,47	24,4
Г265	18	10	ПЭВ-2 1,56	570	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,8	3,7
Г266	18	10	ПЭВ-2 1,56	570	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,8	3,7
Г260	18	8	ПЭВ-2 1,56	690	ПЭВ-2 0,64	7
Г275	18	9	ПЭВ-2 1,56	510	ПЭВ-2 ПЭТВ 0,83	3,2
Г287-А -Б	18	15	ПЭВ-2 ПЭТВ 1,45	530	ПЭТВ 0,83	3,6
Г288-А,-В	18	22	ПЭВ-2 1,25	1200	ПЭТВ 0,59	16,7
Г286	18	14	ПЭВ-2 1,68	550	ПЭВ-2 0,93	3,7
Г2Б	18	14	ПЭВ-2 1,68	2×470	ПЭВ-2 0,64	6,5
Г284	36	9	ПЭТВ 1,68	550	ПЭВ-2 0,93	3,7
Г263А	18	11	ПЭВ-2 2,1	480	ПЭВ-2 1,04	3,4
Г290	72	—	ПЭВП 1,95×4,4	710	ПЭВ-2 0,8	7
Г285	18	5	ПЭВ-2 2,1	490	ПЭВ-2 0,8	3,2
Г253	18	8	ПЭВ-2 1,56	700	ПЭВ-2 0,64	7
Г256	72	—	ПЭВП 1,95×4,4	480	ПЭВ-2 1,04	3,4

Шариковые подшипники генераторов

Тип генератора	Тип подшипника	
	Со стороны контактных колец	Со стороны привода
1	2	3
Г221	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г250	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г255	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г265	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г266	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г271	6-1802011У1С9	6-180302У1С9
Г272	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г273	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г275	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г285	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г260	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г270	0-180502К1С9	0-180603КС9
Г284	6-180605Ш1С9	6-180605Ш1С9
Г286	6-190605Ш1С9	6-180605Ш1С9
Г287, Г288, Г288-В	0-180603К1С9	1-180304К1С9
Г253	60202	20803К
Г2Б	0 -305	0—305
Г256	0—206	0—305
Г263-А	Б—206К	6—305
Г290-А	—206К	6—305

Сведения по маркировке некоторых типов подшипников 180603КС9 — размеры 17×47×19, ГОСТ 8882—58;

С9—обозначает смазку ЛЗ—31;

К — обозначает усиленный штампованный сепаратор; 6—180605К1С9Ш1-- размеры 25×62×24, ГОСТ 8882—58;

Ш1 — требования по уровню вибрации;

К1 — уплотнение из мембранного полотна;

6 — класс точности подшипника;

180502К1 — размеры 15×35×14, ГОСТ 8882—58;

К1 — усиленный сепаратор, контактно-лабиринтное уплотнение 206К — размер 30×62×16, ГОСТ 8338—57.

305— размер 25×62×17, ГОСТ 8338—57.

303К — размер 17×47×14 ГОСТ 8338—57.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Виктор Иосифович Василевский
Юрий Александрович Купеев

Автомобильные генераторы

Рецензент *Ю. И. Боровских*

Редактор *Л. Г. Филин*

Обложка художника *Е. Н. Волкова*

Технический редактор *Е. В. Земскова*

Корректоры *Л. А. Сашенкова, Н. К. Хохлачева*

ИБ № 1397

Сдано в набор 21.11.77. Подписано к печати 15.06.78. Т-08182.
Формат 60X90¹/₁₆. Бум. тип. № 1. Гарн. литературная Печ. л. 10.
Уч.-изд. л. 11.76. Тираж 30 000 экз. Изд. № 1-3-1/14 № 8483. Заказ тип. 6876. Цена 60 коп
Изд-во «ТРАНСПОРТ», 107174. Москва, Басманный туп., 6а

Гор. Куйбышев, проспект Карла Маркса, 201. Тип. изд-ва «Волжская коммуна».

60 коп.

